ISSN 1992-5980



ВЕСТНИК

ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



№ 8 (69)
2012

ВЕСТНИК
ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2012

№ 8 (69)

**Теоретический
и научно-практический журнал**

**Рекомендован ВАК для публикаций
основных научных результатов диссертаций
на соискание учёных степеней доктора
и кандидата наук (решение Президиума
ВАК Минобрнауки России
от 19 февраля 2010 года № 6/6)**

Издаётся с 1999 г.

Выходит 8 раз в год
Октябрь — декабрь 2012 г.

***Учредитель* — Донской государственный технический университет**

Подписано в печать 28.12.2012.
Формат 60×84/8. Гарнитура Tahoma. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 19,4. Тираж 1000 экз. Заказ № 822. Цена свободная.
Адрес редакции:
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел. (863) 2-738-565.
Адрес полиграфического предприятия:
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел. (863) 2-738-741, 2-738-322.
http://vestnik.donstu.ru
Регистрационное свидетельство ПИ № ФС 77-35012 от 16.01.09.

СОДЕРЖАНИЕ

VESTNIK
of
DON STATE TECHNICAL UNIVERSITY
2012
№ 8 (69)

Theoretical and scientific-practical journal

Recommended by the State Commission for Academic Degrees and Titles for publications of the thesis research results for Doctor's and Candidate Degree (the solution of the Presidium of the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Education and Science Ministry, February 19, 2010, № 6/6)
Founded in 1999
8 issues a year
October — December 2012

***Founder* — Don State Technical University**

The issue is prepared by: I. N. Boyko, B. A. Fedenko, M. P. Smirnova (English version)
Passed for printing 28.12.2012.
Format 60×84/8. Font «Tahoma». Offset printing.
C.p.sh. 19.4. Circulation 1000 cop. Order 822. Free price.

Editorial Board's address:
Gagarin Sq. 1, Rostov-on-Don, 344000, Russia. Phone: +7 (863) 273-85-65

Printery address:
Gagarin Sq. 1, Rostov-on-Don, 344000, Russia. Phone: +7 (863) 273-87-41, 273-83-22
http://vestnik.donstu.ru

Registration certificate ПИ № ФС 77-35012 от 16.01.09.

CONTENT

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 512.64+517.5

Об описании предельного спектра ленточных тёплицевых матриц

С. А. Золотых, В. А. Стукопин
(Донской государственный технический университет)

Решается задача описания предельного множества последовательностей собственных значений ленточных тёплицевых матриц растущих размеров (предельного спектра) с заданным символом. Предельный спектр ленточных тёплицевых матриц описан как полуалгебраическое множество, то есть как множество решений некоторой системы алгебраических уравнений и неравенств. При решении задачи использована техника вычисления результантов многочленов нескольких переменных. Сформулирован в частном случае алгоритм нахождения предельного спектра. Рассмотрен пример вычисления предельного спектра для конкретного символа. Данные результаты уточняют классические результаты Ф. Спитцера и П. Шмидта об описании предельного спектра ленточных несамосопряжённых тёплицевых матриц. Следует отметить, что эти классические результаты в значительной степени являлись теоремами существования и вопрос об эффективном нахождении предельного спектра Ф. Спитцером и П. Шмидтом не рассматривался.
Ключевые слова: *ленточные тёплицевы матрицы, предельный спектр, результант, символ тёплицевой матрицы.*

Введение. Тёплицевы (и связанные с ними ганкелевы) матрицы — это один из наиболее важных для приложений класс матриц, появляющийся в задачах фундаментальной математики, теоретической физики, механики, а также в многочисленных инженерных приложениях [1].

В данной работе рассматривается задача описания предельного множества последовательностей собственных значений ленточных тёплицевых матриц растущих размеров (предельного спектра) с заданным символом, как множества решений некоторой системы алгебраических уравнений и неравенств. Основной результат работы состоит в построении алгоритма, строящего такую систему алгебраических уравнений и неравенств. Отметим, что этот алгоритм рассматривается лишь в частном случае, с целью более выпукло представить основные идеи авторов.

Задача описания предельного спектра является важной и трудной задачей спектральной теории тёплицевых операторов, имеющей многочисленные применения в математической физике. Впервые такая задача была исследована Ф. Спитцером и П. Шмидтом в работе [2] (см. также работы [5], [6], посвящённые исследованию этой же задачи). Ф. Спитцер и П. Шмидт показали, что предельный спектр является аналитическим одномерным множеством, точнее, он либо состоит из одной точки, либо является объединением конечного множества аналитических дуг.

Позднее Дж. Ульман доказал связность предельного спектра [3]. Несмотря на столь почтенную историю вопроса описания предельного спектра, до сих пор нет алгоритмически эффективных способов его точного нахождения. В данной работе несколько усиливается результат, описанный в [2], и доказывается, что предельный спектр является полуалгебраическим множеством.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» в рамках мероприятия 1.2.2 (госконтракт номер П1116), а также при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.A18.21.0356 «Теория функциональных пространств, операторов и уравнений в них».

Постановка задачи. Пусть f — комплекснозначная функция, аналитическая в окрестности окружности единичного радиуса $S^1 = \{z \in C : |z| = 1\}$:

$$f(z) = \sum_{k \in Z} a_k z^k . \qquad (1)$$

Будем обозначать через $T_n(f)$ тёплицеву матрицу размера $n \times n$, то есть матрицу $T_n(f) = (a_{i,j})_{i,j=1}^{n}$, матричные элементы которой задаются формулой $a_{i,j} = a_{i-j}$, где a_k находится из уравнения (1). Отметим, что у тёплицевой матрицы на каждой из диагоналей, параллельных главной, стоят одинаковые элементы. Если для $k < -r$ и для $k > h$ $a_k = 0$, то есть аналитическая функция $f(z)$ превращается в лорановский полином $f(z) = \sum_{k=-r}^{h} a_k z^k$, то соответствующая такой функции тёплицева матрица называется ленточной.

Упорядочим собственные значения $\{\lambda_{n,i}\}_{i=-n+1}^{n-1}$ матрицы $T_n(f)$ так, что $|\lambda_{n,i}| \le |\lambda_{n,j}|$ при $i < j$. Множество предельных точек последовательностей $\{\lambda_{n,i}\}_{n=1}^{\infty}$ будем называть предельным спектром последовательности тёплицевых матриц $\{T_n(f)\}_{n=1}^{\infty}$ и обозначать через $\sigma_l(f)$.

Цель настоящей работы — установить связь между предельным спектром и функцией $f(z)$ (которую также называют символом каждой из матриц последовательности $\{T_n(f)\}_{n=1}^{\infty}$). Отметим, что последовательность $\{a_k\}_{k=-\infty}^{\infty}$ является последовательностью коэффициентов Фурье-Лорана функции $f(z)$.

Классическая теорема Сегё, которую также называют слабой теоремой Сегё [1, 4], утверждает, что в случае, когда символ является вещественнозначной функцией, а матрицы $T_n(f)$ являются самосопряжёнными, предельный спектр последовательности тёплицевых матриц $\{T_n(f)\}_{n=1}^{\infty}$ с образом символа функции $f(z)$:

$$\sigma_l(f) = R(f) = \{f(z) : z \in S^1\}. \qquad (2)$$

В общем случае связь между предельным спектром $\sigma_l(f)$ и символом $f(z)$ является гораздо более сложной, и при рассмотрении большого числа примеров кажется случайной. Тем не менее, как показано ниже, эта связь существует, так, что по символу в результате некоторой алгоритмической процедуры вычисления можно найти предельный спектр. Этот результат является уточнением классических результатов Ф. Спитцера и П. Шмидта, являющихся в значительной степени теоремами существования.

Классические результаты. Приведём классические результаты Ф. Спитцера и П. Шмидта об описании предельного спектра $\sigma_l(f)$ последовательности ленточных тёплицевых матриц $\{T_n(f)\}$. Свяжем с символом ленточной тёплицевой матрицы $f(z) = \sum_{k=-r}^{h} a_k z^k$ многочлен $Q(z,\lambda) = z^r (f(z) - \lambda) = a_{-r} + a_{-r+1} z + \ldots + (a_0 - \lambda) z^r + \ldots + a_h z^{r+h}$. Тогда имеет место следующая теорема.

Теорема 1. (Ф. Спитцер, П. Шмидт, [2]). Пусть $z_1(\lambda), z_2(\lambda), \ldots, z_{r+h}(\lambda)$ — комплексные корни многочлена $Q(z,\lambda)$, с учётом их кратности, упорядоченные по возрастанию их модулей, $\alpha_i(\lambda) = |z_i(\lambda)|$. Тогда предельный спектр описывается следующим условием:

$$\sigma_l(f)=\left\{\lambda\in C \,\middle|\, \alpha_r(\lambda)=\alpha_{r+1}(\lambda)\right\}. \quad (3)$$

Основные результаты. В данном разделе описан предельный спектр как множество решений системы полиномиальных уравнений и неравенств. Рассматривается также алгоритм нахождения этой определяющей предельный спектр системы алгебраических уравнений и неравенств.

Прежде всего, напомним важное в дальнейшем понятие результанта многочленов нескольких переменных [5]. Эта конструкция не является так же хорошо известной как результант двух многочленов от одной переменной. Идея определения результанта в общем случае состоит в следующем. Пусть имеется система алгебраических уравнений, левую часть которой составляют многочлены $f_1,...,f_n$, множество решений которой $x_1,...,x_N$ — конечно, и полином g. Произведение значений многочлена g в точках, являющихся общими корнями многочленов системы, называют результантом:

$$\text{Res}(f_1,...,f_n;g)=\prod_{k=1}^{N} g(x_k).$$

Следует ещё раз отметить, что многочлены $f_1,...,f_n\in k[t_1,...,t_n]$ являются многочленами от многих переменных. Поле k удобно считать алгебраически замкнутым, в нашем случае можно ограничиться случаем $k=C$. В этом случае по теореме Безу (в случае общего положения) множество общих решений состоит из $N=r_1\cdot...\cdot r_n$ решений, где $r_k=\deg(f_k), k=1,...,n$. Возможны модификации этого определения. Например, $g=g(t_1,...,t_N)$, и результант равен значению многочлена g в общих корнях системы уравнений $f_1(x)=0,...,f_n(x)=0$. При этом система может состоять и из одного многочлена. Способы вычисления результанта могут быть разнообразными, но, по существу, в конечном итоге сводятся к использованию методов коммутативной алгебры и выборам специальных базисов. Удобно использовать, так называемые базисы Грёбнера, связанные со специальными упорядочениями множества мономов [6]. Ниже используется одно из таких упорядочений.

Напомним определение результанта в случае двух переменных (и трёх многочленов). Пусть $f_1,f_2\in k[x_1,x_2]$ — многочлены двух переменных с коэффициентами из поля k, $X=(x_1,x_2)$. Далее ограничимся случаем, когда $k=C$ совпадает с полем комплексных чисел. Пусть $\deg(f_i)=n_i$, $i=1,2$, $N=n_1\cdot n_2$. Рассмотрим также многочлен $g\in k[X]$. Мы хотим определить результант $Res(f_1,f_2;g)$, как выражение пропорциональное произведению значений многочлена g в общих нулях многочленов f_1,f_2. Выберем упорядоченный базис:

$$M=\left\{\mu_k=x_1^{p_1}x_2^{p_2}\,\middle|\,0\le p_1\le n_1, 0\le p_2\le n_2; k=1,...,N\right\}. \quad (4)$$

Будем называть элементы из этого множества M степенными произведениями. Многочлен $h(x)\in k[x_1,x_2]$ называется приведённым относительно M, если он представляется в виде линейной комбинации степенных произведений из M. Можно показать, что для многочленов общего положения $f_1,f_2\in k[x_1,x_2]$ можно редуцировать произвольный многочлен $h(x)\in k[x_1,x_2]$ по модулю многочленов f_1,f_2, то есть найти такие многочлены $a_1,a_2\in k[x_1,x_2]$, что многочлен

$$h_{red}(x_1,x_2)=h(x_1,x_2)-a_1(x_1,x_2)f_1(x_1,x_2)-a_2(x_1,x_2)f_2(x_1,x_2)$$

является приведённым относительно M. Пусть $\lambda_1,...,\lambda_N$ — множество общих нулей многочленов f_1,f_2. Тогда, очевидно, что $h_{red}(\lambda_j)=h(\lambda_j), 1\le j\le N$.

Приведём многочлены $\mu_k(X)\cdot g(X), X=(x_1,x_2)$, по модулю M и обозначим получившиеся многочлены через g_k:

$$\mu_k(X)g(X)=a_{k1}(X)f_1(X)+a_{k2}(X)f_2(X)+g_k(X),$$
$$g_k(X)=b_{k1}\mu_1(X)+\ldots+b_{kN}\mu_N(X).$$

Подставляя $X=\lambda_j$ в приведённые выше равенства, мы получим

$$b_{k1}\mu_1(\lambda_j)+\ldots+b_{kN}\mu_N(\lambda_j)=\mu_k(\lambda_j)g(\lambda_j).$$

Эти равенства легко записываются в виде следующих матричных тождеств:

$$BV=V\begin{pmatrix} g(\lambda_1) & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & g(\lambda_2) & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & \ldots & g(\lambda_N)\end{pmatrix}, V=\begin{pmatrix} \mu_1(\lambda_1) & \mu_1(\lambda_2) & \ldots & \mu_1(\lambda_N) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \mu_N(\lambda_1) & \mu_N(\lambda_2) & \ldots & \mu_N(\lambda_N)\end{pmatrix}.$$

Вычисляя определитель от левой и правой частей, получаем, что

$$\det(B)=\operatorname{Res}(f_1,f_2;g). \tag{5}$$

Сформулируем теперь теорему, грубо описывающую предельный спектр как подмножество некоторого одномерного полуалгебраического множества.

Теорема 2. Пусть

$$f(z)=\sum_{k=-r}^{h}a_kz^k,$$
$$Q(z,\lambda)=z^k\left(a(z)-\lambda\right), Q_1(x,y,\lambda)=\operatorname{Re}\left(Q(x+iy,\lambda)\right), Q_2(x,y,\lambda)=\operatorname{Im}\left(Q(x+iy,\lambda)\right),$$
$$A(z_1,z_2,u,\lambda)=\operatorname{Res}\left(Q_1(x,y,\lambda),Q_2(x,y,\lambda);g=u-z_1^2-z_2^2\right).$$

Тогда предельный спектр содержится в следующем полуалгебраическом множестве решений следующей системы уравнений и неравенств:

$$\operatorname{Res}\left(A(z_1,z_2,u,\lambda);A'(z_1,z_2,u,\lambda)\right)=0, \operatorname{Im}(z_1)=0, \operatorname{Im}(z_2)=0, \operatorname{Im}(u)=0, \operatorname{Re}(u)\geq 0. \tag{6}$$

Доказательство. Подробное доказательство теоремы достаточно громоздко. Ограничимся лишь схемой доказательства. Заметим, что надо всего лишь проверить, что если для точки λ комплексной плоскости выполняются условия теоремы 1, то для неё обязательно выполняется и условие (6). Этот факт проверяется просто с использованием приведённого выше определения результанта. На самом деле можно немного усилить доказываемый результат и показать, что условие (6) описывает одномерное вещественное полуалгебраическое множество.

Опишем теперь точно предельный спектр. Для простоты ограничимся частным случаем $r+h=3$ и $z_1(\lambda), z_2(\lambda), z_3(\lambda)$ — корни многочлена $Q(z,\lambda)$.

Введём следующие обозначения. Пусть $U=\left\{\lambda:\operatorname{Res}\left(A(\lambda,u),A'_u(\lambda,u)\right)=0\right\}$, $U_1=\left\{\lambda:\operatorname{Res}\left(A(\lambda,u),A''_u(\lambda,u)\right)=0\right\}$. Понятно, что $U_1=\left\{\lambda:\alpha_1(\lambda)=\alpha_2(\lambda)=\alpha_3(\lambda)\right\}$. Множество $U\setminus U_1$ распадается на два непересекающихся замкнутых подмножества $V_1=\left\{\lambda:\alpha_1(\lambda)=\alpha_2(\lambda)<\alpha_3(\lambda)\right\}$ и $V_2=\left\{\lambda:\alpha_1(\lambda)<\alpha_2(\lambda)=\alpha_3(\lambda)\right\}$. Тогда множество $U_1\cup V_2$ и будет совпадать с искомым предельным спектром. Таким образом, получаем следующую теорему.

Теорема 3. Предельный спектр совпадает со следующим полуалгебраическим множеством:

$$\sigma_l(f)=U_1\cup V_2. \tag{7}$$

Замечание. Нетрудно видеть, что, по существу, условие (7) даёт алгоритм нахождения предельного спектра, поскольку каждое из множеств, входящих в (7) допускает алгоритмически эффективное описание в терминах обычных результантов, так как наличие у многочлена f корня кратности, не меньшей чем *k*, может быть записано в виде условия: $\text{Res}\left(f(x), f^{(k-1)}(x)\right) = 0$. То есть, каждое из множеств, входящих в условие (7) является алгебраическим и эффективно описывается как множество нулей многочлена, а разность алгебраических множеств, как известно, является полуалгебраическим множеством. Следовательно, полуалгебраическим множеством является и всё множество, описываемое условием (7). Последнее также влечёт возможность алгоритмического описания данного множества.

Пример вычисления предельного спектра.

Возьмём многочлен: $a(z) = z^{-1} + z$. В этом случае, получающиеся матрицы являются самосопряжёнными и спектр их, а следовательно и предельный спектр, будет вещественным.

Вычислим $Q(z,\lambda)$: $Q(z,\lambda) = z\left(a(z) - \lambda\right) = z\left(z^{-1} + z - \lambda\right) = 1 - \lambda z + z^2$.

Полученный результат преобразуем к виду $Q_1(x,y,\lambda) + iQ_2(x,y,\lambda)$:

$$Q_1(x,y,\lambda) + iQ_2(x,y,\lambda) = 1 - \lambda(x+iy) + (x+iy)^2,$$

$$Q_1(x,y,\lambda) + iQ_2(x,y,\lambda) = 1 - \lambda x - i\lambda y + x^2 + 2ixy - y^2 = 1 - \lambda x + x^2 - y^2 + i(-\lambda y + 2xy),$$

$$Q_1(x,y,\lambda) = 1 - \lambda x + x^2 - y^2, Q_2(x,y,\lambda) = -\lambda x + 2xy$$

Обозначим многочлены $Q_1(x,y,\lambda), Q_2(x,y,\lambda)$, через f_1 и f_2, соответственно, а также рассмотрим многочлен $g(u,x,y) = u - \left(x^2 + y^2\right)$ и, таким образом, имеем три многочлена: $f_1 = 1 - \lambda x + x^2 - y^2$, $f_2 = -\lambda x + 2xy$, $g(u,x,y) = u - \left(x^2 + y^2\right)$.

Будем выполнять разложение многочленов по базису: $M = \left\{1, x, y, y^2\right\}$.

Выразим: $x^2 = f_1 + y^2 + \lambda x - 1$, $xy = \frac{1}{2}f_2 + \frac{\lambda}{2}y$, тогда $g(u,x,y) = u - x^2 - y^2 =$ $= u - f_1 - 2y^2 - \lambda x + 1$.

Вычислим:

$$xg = xu - xf_1 - 2xy^2 - \lambda x^2 + x = xu - xf_1 - 2y\left(\frac{1}{2}f_2 + \frac{\lambda}{2}y\right) - \lambda\left(f_1 + y^2 + \lambda x - 1\right) + x =$$

$$= (-x - \lambda)f_1 - yf_2 - 2\lambda y^2 + \left(u - \lambda^2 + 1\right)x + \lambda$$

$$yg = yu - yf_1 - 2y^3 - \lambda xy + y;$$

$$y^2 g = y^2 f_1 - xyf_2 + (u-1)y^2.$$

Составим матрицу из остатков:

	g	xg	yg	y^2g
1	$(u+1)$	λ	0	0
x	$-\lambda$	$\left(u-\lambda^2+1\right)$	0	0
y	0	0	$(u-1)$	0
y^2	-2	-2λ	0	$(u-1)$

Вычисляя определитель матрицы, получаем:

$$A(x,y,u,\lambda) = -2u^2 + u^4 - u\lambda^2 + 2u^2\lambda^2 - u^3\lambda^2 + 1.$$

Если вычислить $A'_u(x,y,u,\lambda)$:

$$A'_u(x,y,u,\lambda) = -4u + 4u^3 - \lambda^2 + 4u\lambda^2 - 3u^2\lambda^2.$$

Тогда, $\operatorname{Res}\left(A(x,y,u,\lambda);A'_u(x,y,u,\lambda)\right) = 0$, поскольку у многочлена $A(x,y,u,\lambda)$ и его производной есть общий корень –1. Следует исключить этот корень и опять использовать условие равенства нулю результанта. Но проще сразу найти условие кратности корней многочлена $A(x,y,u,\lambda)$. Таким образом, исключая кратный корень $[u=1]$, получим корни:

$$\frac{1}{2}\lambda^2 - 1 + \frac{1}{2}\sqrt{\lambda^4 - 4\lambda^2},\ \frac{1}{2}\lambda^2 - 1 - \frac{1}{2}\sqrt{\lambda^4 - 4\lambda^2}.$$

Можно было сразу найти разложение результанта, получив искомые корни, что быстро даёт решение задачи:

$$u^4 - u^3\lambda^2 + 2u^2(\lambda^2 - 1) - u\lambda^2 + 1 = 0$$

$$\xrightarrow{\text{solve for u}} \left[[u=1],[u=1],\left[u = \frac{1}{2}\lambda^2 - 1 + \frac{1}{2}\sqrt{\lambda^4 - 4\lambda^2}\right],\left[u = \frac{1}{2}\lambda^2 - 1 - \frac{1}{2}\sqrt{\lambda^4 - 4\lambda^2}\right]\right].$$

Мы видим, что в силу условий (6) λ может быть любым вещественным числом. Далее необходимо использовать условия, описывающие множество U_1 (то есть, по существу, (7)), но проще использовать условие наличия лишь двух вещественных корней. Осталось заметить, что третий и четвёртый корни обязаны быть комплексными, то есть должно выполняться условие: $\lambda^2 - 4 \le 0$.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что точка λ является точкой предельного спектра в том и только в том случае, когда $\lambda \in [-2;2]$. Таким образом, предельный спектр в этом случае совпадает с отрезком $[-2;2]$.

Данный результат можно подтвердить следующими рассуждениями. Так как $Q(z,\lambda) = z(a(z) - \lambda) = z(z^{-1} - \lambda + z) = 1 - \lambda z + z^2$, то многочлен $Q(z,\lambda)$ имеет следующие корни: $z_{1,2}(\lambda) = \dfrac{\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 4}}{2}$. Модули корней совпадают в том и только в том случае, когда дискриминант отрицателен, то есть когда $|\lambda| \le 2$ или $-2 \le \lambda \le 2$.

Заключение. Данная работа содержит промежуточные результаты. В частном случае рассматривается алгоритм, дающий описание предельного спектра. В общем случае описание такого алгоритма становится более громоздким. Наличие алгоритма, дающего точное (а не приближённое), описание предельного спектра представляет несомненный теоретический интерес. Возникают естественные вопросы о скорости работы такого алгоритма, о его практической применимости и эффективности. В дальнейшем планируется вернуться к рассмотрению этих вопросов. Интересным, хотя и весьма сложным, вопросом является также обобщение теоремы 2 данной работы на другие классы тёплицевых несамосопряжённых матриц [7]. Сложность такого рода результата понятна в силу того, что он должен включать в себя теоремы типа слабой теоремы Сегё для этих классов несамосопряжённых тёплицевых матриц.

Библиографический список

1. Grenander V. Teoplitz Forms and Their Applications / V. Grenander, G. Szego — Berkeley : Univ. of California Press, 1958. — 245 p.

2. Schmidt P. The Teoplitz matrices of an arbitrary Laurent polynomial / Schmidt P., Spitzer F. // Math. Scand. — 1960. — V. 8. — P. 15–38.

3. Ullman J. L. A problem of Schmidt and Spitzer / J. L. Ullman // Bull. Amer. Math. Soc. — 1967. — V. 73. — P. 883–885.

4. Bottcher A. Spectral properties of banded Teoplitz matrices / A. Bottcher, S. Grudsky. — Philadelphia : SIAM, 2005. — 422 p.

5. Bikker P. On the Bezout Construction of the Resultant / P. Bikker, A. Uteshev // J. Symbolic Computation. — 1999. — V. 28. — P. 45–88.

6. Кокс, Д. Идеалы, многообразия и алгоритмы / Д. Кокс, Дж. Литтл, Д. О'Ши. — Москва : Мир, 2000. — 687 с.

7. Widom H. Eigenvalue distribution of nonselfadjoint Teoplitz matrices and the asymptotics of Teoplitz determinants in the case of nonvanising ingex / H. Widom // Operator Theory: Adv. And Appl. — 1990. — V. 48. — P. 387–421.

Материал поступил в редакцию 27.09.2012.

References

1. Grenander, V., Szego, G. Teoplitz Forms and Their Applications. Berkeley: Univ. of California Press, 1958, 245 p.

2. Schmidt, P., Spitzer, F. The Teoplitz matrices of an arbitrary Laurent polynomial. Math. Scand., 1960, vol. 8, pp. 15–38.

3. Ullman, J.L. A problem of Schmidt and Spitzer. Bull. Amer. Math. Soc., 1967, vol. 73, pp. 883–885.

4. Bottcher, A., Grudsky, S. Spectral properties of banded Teoplitz matrices. Philadelphia: SIAM, 2005, 422 p.

5. Bikker, P., Uteshev, A. On the Bezout Construction of the Resultant. J. Symbolic Computation, 1999, vol. 28, pp. 45–88.

6. Cox, D., Little, J., O'Shea, D. *Idealy, mnogoobraziya i algoritmy.* [Ideals, Varieties, and Algorithms.] Moscow: Mir, 2000, 687 p. (in Russian).

7. Widom, H. Eigenvalue distribution of nonselfadjoint Teoplitz matrices and the asymptotics of Teoplitz determinants in the case of nonvanising index. Operator Theory: Adv. And Appl., 1990, vol. 48, pp. 387–421.

ON FORMULATION OF LIMITARY SPECTRUM OF BANDED TOEPLITZ MATRICES

S. A. Zolotykh, V. A. Stukopin
(Don State Technical University)

A problem on the formulation of the limit set for the sequences of increasing Toeplitz matrices eigenvalues (of the limitary spectrum) with the chosen symbol is solved. The limitary spectrum of the banded Toeplitz matrices is described as a semialgebraic set, viz a solution set of some system of algebraic equations and inequalities. In the solution to the problem, the multivariate resultant technique is used. An algorithm of the limitary spectrum determination is formulated for the particular case. An example of the limitary spectrum computation for the specific symbol is considered. These results check the classical results by F. Spitzer and P. Schmidt on the description of the limitary spectrum of the non-selfadjoint Toeplitz matrices. It should be pointed out that these classical results are significantly existence theorems, and the problem on the effective computation of limitary spectrum by F. Spitzer and P. Schmidt is not considered.

Keywords: *banded Toeplitz matrices, limitary spectrum, resultant, Toeplitz matrix symbol.*

УДК 519.711.3+502/504

Моделирование процесса загрязнения атмосферы

Г. В. Мишугова
(Донской государственный технический университет)

Целью работы является построение математической модели, которая позволит проанализировать процесс загрязнения атмосферы. В качестве исходных данных взяты материалы государственных докладов, опубликованных в журнале «Экологический вестник Дона». Объектом исследования являются данные по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта, зафиксированные в Ростове-на-Дону и Ростовской области за период с 2001 по 2010 год. Математическое моделирование процесса загрязнения атмосферы осуществляется с помощью двух подходов: 1) описание с помощью математических моделей типа Гаузе; 2) уточнение и прогнозирование процесса загрязнения атмосферы с помощью метода Прони. Используются программные пакеты MathCad, MatLab. Результаты математического моделирования позволяют проводить анализ процесса загрязнения и выявлять его закономерности.
Ключевые слова: *загрязнение атмосферы, математическая модель, логистическое уравнение, метод Прони.*

Введение. За последнее десятилетие наблюдается положительная тенденция в развитии экономики. Выросли объёмы производства в машиностроительной сфере, в лёгкой и пищевой промышленности, в строительстве и т. д. Как следствие, растёт благосостояние населения. Например, автопарк легковых автомобилей Ростовской области вырос за последнее десятилетие практически в два раза, что привело к росту выбросов в атмосферу вредных веществ. В настоящее время для уменьшения количества выбросов в окружающую среду применяются различные фильтры и устройства очистки. Тем не менее, объём выбросов вредных веществ в атмосферу продолжает расти, что следует из данных журнала «Экологический вестник Дона».

Целью работы является построение математической модели, с помощью которой можно будет проанализировать процесс загрязнения воздуха, а также изучить закономерности этого процесса.

Постановка задачи. В данной работе рассматриваются проблемы моделирования процесса загрязнения атмосферы с использованием эколого-биологических моделей логистического типа и типа Гаузе, а также уточнение и прогнозирование развития процесса с помощью метода Прони. Для решения первой проблемы построены две модели: логистическая, которая не учитывает процесс очистки, и модель Лотки-Вольтерра, в которой процесс очистки уже учтён.

Моделирование роста объёмов выбросов автотранспорта с помощью логистического уравнения. Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой и представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы, сложившуюся в ходе эволюции Земли.

Используя многолетний мониторинг состояния биосферы, в том числе и атмосферы, проводимый в журнале «Экологический вестник Дона» [1—6], можно сделать вывод, что наиболее существенным загрязнителем атмосферы в настоящее время является автотранспорт.

Рост объёмов выбросов от автотранспорта наиболее точно описывается моделью роста популяции (логистическим уравнением) [7—10]. Логистическое уравнение запишем в виде:

$$\frac{dN}{dt} = r\left(N - P\right)\left(1 - \frac{\left(N - P\right)}{K}\right) \qquad (1)$$

где N — объём выбросов, P — положительный параметр, r — скорость роста (увеличение объёмов выбросов), K — поддерживающая ёмкость среды (то есть, максимально возможный объём (концентрация) выбросов).

Интегрируя уравнение (1), описывающее рост выбросов в зависимости от времени, получаем

$$N = K\frac{N_0}{N_0 + (K - N_0)e^{-rt}} + P. \qquad (2)$$

По статистическим данным, взятым из журналов «Экологический вестник Дона» [1—6], с помощью численных методов (численное дифференцирование, метод наименьших квадратов и т. п.) определяются параметры, входящие в уравнение (1).

Метод наименьших квадратов (МНК) — метод оценки параметров модели на основании экспериментальных данных, содержащих случайные ошибки. В основе метода лежат следующие рассуждения: при замене точного (неизвестного) параметра модели приблизительным значением необходимо минимизировать разницу между экспериментальными данными и теоретическими (вычисленными при помощи предложенной модели). Это позволяет рассчитать параметры модели с помощью МНК с минимальной погрешностью.

Мерой разницы в методе наименьших квадратов служит сумма квадратов отклонений действительных (экспериментальных) значений от теоретических. Выбираются такие значения параметров модели, при которых сумма квадратов разностей будет наименьшей:

$$\sum_i (Y_i - y_i)^2 \to \min,$$

где Y — теоретическое значение измеряемой величины, y — экспериментальное.

При этом полученные с помощью метода наименьших квадратов параметры модели являются наиболее вероятными [7].

Находим параметры K, r, No, P, значения которых получаются равными K = 387,5, r = 0,6, No = 8,1, P = 186,3.

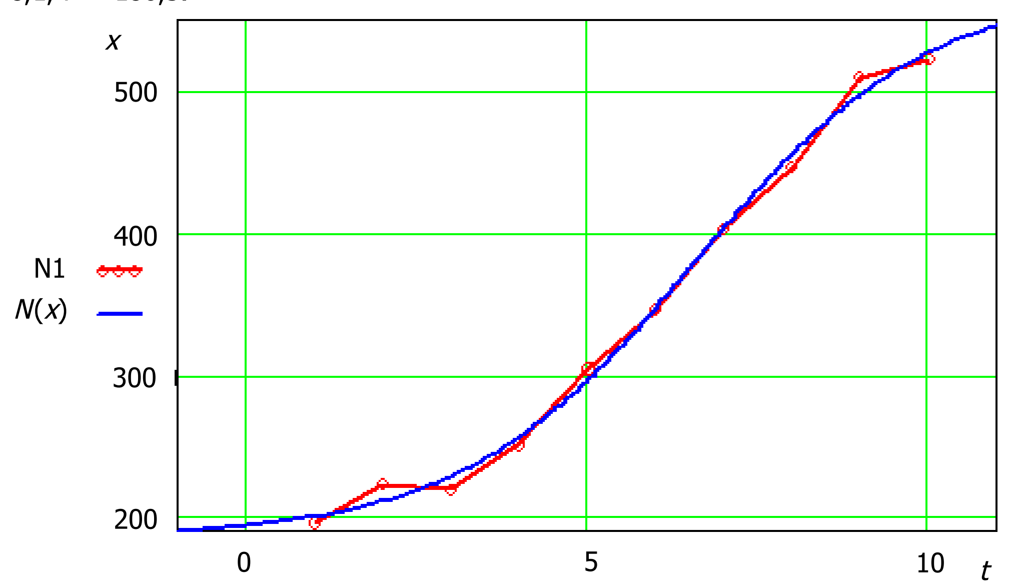


Рис. 1. График статистических данных (ломаная кривая, выделенная красным цветом) и решение логистического уравнения (выделено синим цветом)

Логистическое уравнение достаточно точно описывает рост объёмов выбросов от автотранспорта, что можно видеть из рис. 1. Степень отклонения полученной модели от фактических данных равна 2,2 %.

Математическое моделирование процесса загрязнения воздуха на основе модели типа Гаузе. Опишем модель взаимодействия загрязнения с окружающей средой на основе модели Лотки-Вольтерра [8—10].

Пусть $X(t)$ — объём (концентрация) загрязнений в момент времени t; $Y(t)$ — объём уловленных загрязнений в момент времени t:

$$\begin{cases} \dot{X} = aX - bXY \\ \dot{Y} = -dY + cXY \end{cases} \quad (3)$$

где a, b, c, d — положительные постоянные, характеризующие скорость изменения выброшенных и уловленных загрязнений и взаимодействия между ними.

Определяем коэффициенты a, b, c, d методом наименьших квадратов (который описан выше):

1) При помощи численного дифференцирования получаем переопределённую систему

$$\begin{cases} 14,0 = -161c + 33488d, \\ 21,0 = 208a - 33488b, \\ 14,0 = 229a - 40075b, \\ 17,0 = -175c + 40075d, \\ -6,0 = 243a - 46656b, \\ 11,0 = -192c + 46656d, \\ -5 = -203c + 48111d, \\ 22,0 = 237a - 48111b, \\ 12 = -198c + 51282d, \\ 12,0 = 259a - 51282b, \\ 32 = -210c + 56910d, \\ 29,4 = 271a - 56910b, \\ 7 = -242c + 72696,8d, \\ -35,4 = 300,4a - 72696,8b, \\ -29 = -249c + 65985d, \\ -10,0 = 265a - 65985b, \\ -2 = -220c + 56100d, \\ 6,0 = 255a - 56100b. \end{cases}$$

2) Решаем переопределённую систему методом наименьших квадратов [7]. Получаем нормальную систему, которая имеет следующий вид:

$$\begin{cases} -1,2 \cdot 10^8 a + 2,6 \cdot 10^{10} b = -1,4 \cdot 10^6, \\ 5,8 \cdot 10^5 a - 1,2 \cdot 10^8 b = 10651,2, \\ 386888c - 10 \cdot 10^7 d = -9455, \\ -10 \cdot 10^7 c + 2,6 \cdot 10^{10} d = 2,1 \cdot 10^6. \end{cases}$$

3) Находим коэффициенты a, b, c, d

$$\begin{cases} a := 0,4; \\ b := 0,002; \\ c := -0,4; \\ d := -0,001. \end{cases}$$

Проверяем адекватность модели (рис. 2).

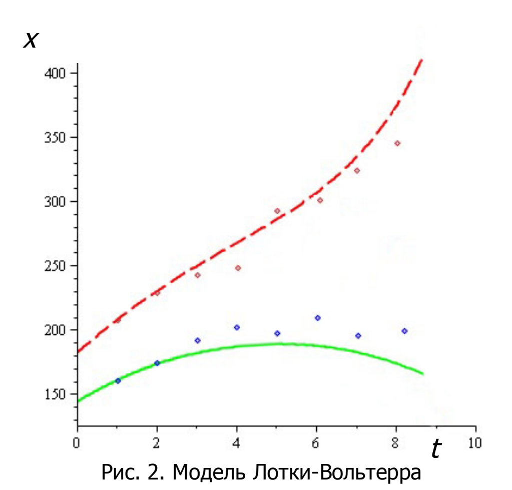


Рис. 2. Модель Лотки-Вольтерра

Получаем невязку по формуле $\dfrac{\sqrt{\sum\left(x_i - x_i^*\right)^2 + \left(y_i - y_i^*\right)^2}}{\sqrt{\sum x_i^2 + y_i^2}}$, которая равна $\delta = 9\,\%$. Это говорит о том, что модель вполне адекватна, особенно на начальном отрезке времени, но желательно уточнение на последних шагах.

Моделирование с использованием метода Прони. Для более точного исследования процесса загрязнения применим метод Прони [11] — метод анализа коротких отрезков сигнала, основанный на аппроксимации сигнала конечной суммой комплексных экспонент. Сигнал $x[n]$ заменяется некоторой детерминированной экспоненциальной моделью:

$$\tilde{x}\left[n\right] = \sum_{k=1}^{p} A_k \exp\left[\left(\alpha_k + j2\pi f_k\right)\left(n-1\right)T + j\theta_k\right],$$

где A_k и α_k — амплитуда и коэффициент затухания (в c^{-1}), f_k и θ_k — частота (в Гц) и начальная фаза (в рад) k-й синусоиды.

Иначе $\tilde{x}\left[n\right] = \sum_{k=1}^{p} h_k z_k^{n-1}$, где $h_k = A_k \exp\left(j \cdot \theta_k\right)$, $z_k = \exp\left[\left(\alpha_k + j2\pi f_k\right)T\right]$.

Задача заключается в поиске параметров экспоненциальной модели, аппроксимирующей p экспонентами $2p$ отсчётов действительных данных.

Расчёты проводились с помощью пакета MatLab. Результаты вычислений представлены на рис. 3. Сумма экспонент достаточно точно отражает экспериментальные данные. Метод Прони имеет преимущества при исследовании апериодических сигналов по сравнению с другими методами, а также может применяться для прогнозирования (на графике прогноз указан точками).

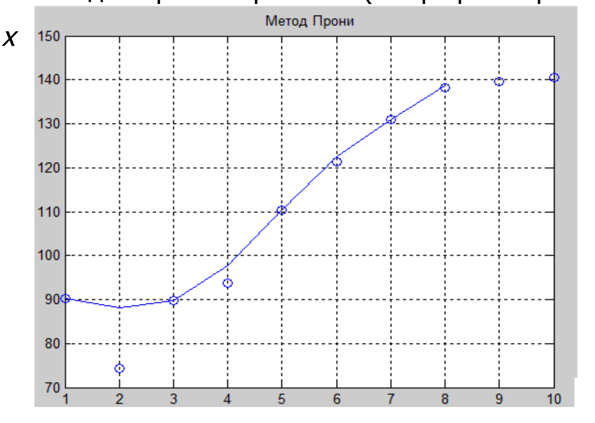


Рис. 3. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта в г. Ростов-на-Дону с 2001 по 2010 годы (на графике обозначены точками) и применение метода Прони (на графике ломаная кривая)

Заключение. В результате изучения процесса загрязнения атмосферы был проведён анализ данных. Построена модель роста объёмов выбросов от автотранспорта, которая наиболее точно описывается моделью роста популяции, но не учитывает процесс очистки. Также построена адекватная модель процесса загрязнения атмосферы типа Гаузе, в которой процесс очистки уже учтён. Произведено уточнение и прогнозирование процесса загрязнения атмосферы с помощью метода Прони.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Ростовской области в 1995 году» / под ред. В. Д. Гребенюка, В. Н. Агеева, М. В. Паращенко. — Ростов-на-Дону : ООО «Синтез технологий», 1996. — 164 с.

2. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Ростовской области в 2000 году» / под ред. В. П. Водолацкого, П. П. Ульянова, М. В. Паращенко. — Ростов-на-Дону : ООО «Синтез технологий», 2001. — 136 с.

3. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2003 году» / под ред. С. М. Назарова, В. М. Остроуховой, М. В. Паращенко. — Ростов-на-Дону : ООО «Синтез технологий», 2004. — 264 с.

4. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2008 году» / под ред. С. Г. Курдюмова, Г. И. Скрипки, М. В. Паращенко. — Ростов-на-Дону : ООО «Синтез технологий», 2009. — 356 с.

5. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2009 году» / под ред. С. Г. Курдюмова, Г. И. Скрипки, М. В. Паращенко. — Ростов-на-Дону : ООО «Синтез технологий», 2010. — 372 с.

6. Доклад «Об экологической ситуации в Ростовской области за 2010 год». — Ростов-на-Дону : ООО «Синтез технологий», 2011. — 284 с.

7. Демидович, В. П. Численные методы анализа / В. П. Демидович, И. А. Марон, Э. Э. Шувалова. — Москва : Наука, 1967. — 406 с.

8. Ризниченко, Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — Москва : Изд-во МГУ, 1993. — 302 с.

9. Романов, М. Ф. Математические модели в экологии : учеб. пособие / М. Ф. Романов, М. П. Фёдоров. — Санкт-Петербург : Иван Фёдоров, 2003. — 239 с.

10. Братусь, А. С. Динамические системы и модели в биологии / А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. — Москва : Физматлит, 2010. — 400 с.

11. Марпл-мл., С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл. — Москва : Мир, 1990. — 584 с.

Материал поступил в редакцию 21.11.2012.

References

1. Grebenyuk, V.D., Ageyev, V.N., Parashchenko, M.V., eds. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy Rostovskoy oblasti v 1995 godu».* [State report "On the state of the environment of Rostov Region in 1995".] Rostov-on-Don: OOO «Sintez tekhnologiy», 1996, 164 p. (in Russian).

2. Vodolatskiy, V.P., Ulyanov, P.P., Parashchenko, M.V., eds. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy Rostovskoy oblasti v 2000 godu».* [State report "On the state of the environment of Rostov Region in 2000".] Rostov-on-Don: OOO «Sintez tekhnologiy», 2001, 136 p. (in Russian).

3. Nazarov, S.M., Ostroukhova, V.M., Parashchenko, M.V., eds. *Ekologicheskiy vestnik Dona «O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov Rostovskoy oblasti v 2003 godu».* [Ecological bulletin of Don "On the state of the environment and natural resources of Rostov Region in 2003".] Rostov-on-Don: OOO «Sintez tekhnologiy», 2004, 264 p. (in Russian).

4. Kurdyumov, S.G., Skripka, G.I., Parashchenko, M.V., eds. *Ekologicheskiy vestnik Dona «O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov Rostovskoy oblasti v 2008 godu».* [Ecological bulletin of Don "On the state of the environment and natural resources of Rostov Region in 2008".] Rostov-on-Don: OOO «Sintez tekhnologiy», 2009, 356 p. (in Russian).

5. Kurdyumov, S.G., Skripka, G.I., Parashchenko, M.V., eds. *Ekologicheskiy vestnik Dona «O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov Rostovskoy oblasti v 2009 godu».* [Ecological bulletin of Don "On the state of the environment and natural resources of Rostov Region in 2009".] Rostov-on-Don: OOO «Sintez tekhnologiy», 2010, 372 p. (in Russian).

6. *Doklad «Ob ekologicheskoy situatsii v Rostovskoy oblasti za 2010 god».* [Report "On ecological situation in Rostov Region for 2010".] Rostov-on-Don: OOO «Sintez tekhnologiy», 2011, 284 p. (in Russian).

7. Demidovich, V.P., Maron, I.A., Shuvalova, E.E. *Chislennyye metody analiza.* [Numerical analysis.] Moscow: Nauka, 1967, 406 p. (in Russian).

8. Riznichenko, G.Y., Rubin, A.B. *Matematicheskiye modeli biologicheskikh produktsionnykh protsessov.* [Mathematical models of biological production processes.] Moscow: Izd-vo MGU, 1993, 302 p. (in Russian).

9. Romanov, M.F., Fedorov, M.P. *Matematicheskiye modeli v ekologii.* [Mathematical models in ecology.] Санкт-Петербург: Ivan Fedorov, 2003, 240 p. (in Russian).

10. Bratus, A.S., Novozhilov, A.S., Platonov, A.P. *Dinamicheskiye sistemy i modeli v biologii.* [Dynamic systems and models in biology.] Moscow: Fizmatlit, 2010, 400 p. (in Russian).

11. Marple, Jr., S.L. *Tsifrovoy spektralnyy analiz i yego prilozheniya*. [Digital spectral analysis: with applications.] Moscow: Mir, 1990, 584 p. (in Russian).

AIR CONTAMINATION PROCESS SIMULATION

G. V. Mishugova
(Don State Technical University)

The work objective is the development of the mathematical model for analyzing the air pollution process. State reports published in the "Ecological Vestnik of Don" journal are taken as basic data. The target of research is the data on the automotive pollutant emission into the atmospheric air registered in Rostov-on-Don and Rostov Region as of from 2001 to 2010. The mathematical simulation of the air contamination process is performed through two approaches: 1) description by mathematical models of Gauze type; 2) improvement and forecasting of the air contamination process by Prony's method; MathCad, MatLab program packages are used. The mathematical simulation results allow to analyze the contamination process and to identify its regularities.
Keywords: *air pollution, mathematical model, logistic equation, Prony's method.*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 51:621.891+06

Математическая модель вязкопластичной смазки подшипников скольжения с деформируемой опорной поверхностью

К. С. Ахвердиев, И. В. Колесников, М. А. Мукутадзе, И. С. Семенко
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Даётся метод расчёта радиального подшипника с деформируемой опорной поверхностью на основе аналога уравнения Рейнольдса для вязко-пластичной смазки и уравнения Ламэ для случая «тонкого слоя». Предлагается метод, позволяющий формировать точное автомодельное решение рассматриваемой задачи. Полученные аналитические зависимости позволяют оценить влияние безразмерного параметра пластичности и упругогидродинамического параметра на основные рабочие характеристики подшипника. В результате установлено, что с увеличением значений параметра пластичности и упругогидродинамического параметра, значения несущей способности и силы трения возрастают. В предельном случае, когда упругогидродинамический параметр стремится к бесконечности, значение несущей способности подшипника и сила трения стремятся к соответствующим значениям для подшипника с жёсткой опорной поверхностью. В принятом в работе приближении значение несущей способности и силы трения прямо пропорционально параметру пластичности.
Ключевые слова: *опорная поверхность, подшипники скольжения, вязкопластичная смазка, деформация, упругогидродинамический параметр, несущая способность, сила трения.*

Введение. Как известно, применяемые в настоящее время жидкие смазочные материалы (масла) состоят из масляной основы (базового масла) и композиции присадок, придающих маслам необходимый уровень функциональных свойств [1, 2]. Добавки полимеров с высоким молекулярным весом придают маслам вязкопластичные свойства. Работа подшипников, работающих на вязкопластичных смазках, достаточно изучена [3—6]. Анализ этих работ показывает, что в выполненных исследованиях опорная поверхность подшипников считается абсолютно жёсткой.

В области подшипников с жидкостной плёнкой смазки появилось новое направление подшипников с нежёсткой опорной поверхностью. Жёсткость такой поверхности имеет такой же или даже меньший порядок величины по сравнению с жёсткостью плёнки смазки. Подшипники с нежёсткой поверхностью имеют явные преимущества по сравнению с подшипниками жёсткой опорной поверхностью. Эти преимущества — допустимость больших несоосностей и деформации рабочей поверхности, а также терпимость к присутствию посторонних частиц между рабочими поверхностями. Кроме того, податливость эластомера под действием давления смазки приводит к появлению своего рода губы, ограничивающей утечку сдавливающей смазки из подшипника.

Таким образом, в условиях уменьшенного смазкой питания подшипник с нежёсткой поверхностью может сохранить гидродинамическую или гидростатическую плёнку смазки. В этом отношении он значительно превосходит подшипник с жёсткой опорной поверхностью. Целью данного исследования является оценка рабочих характеристик такого подшипника и, в последующем, сравнение их с хорошо известными характеристиками подшипника такого же типа, но имеющего жёсткую опорную поверхность.

Постановка задачи. Рассматривается установившееся движение вязкопластичной смазки в зазоре радиального подшипника с податливой опорной поверхностью. Шип вращается с угловой

скоростью ω, а подшипник неподвижен. В полярной системе координат (r; θ) с полюсом в центре шипа уравнения шипа и деформированного контура опорной поверхности запишутся в виде

$$r' = r_0,\ r' = r_1 + e\cos\theta + a\varphi(\theta).$$

Здесь r_0 — радиус шипа; r_1 — радиус подшипника; e — эксцентриситет; $a\varphi(\theta)$ — функция, характеризующая деформацию опорной поверхности подшипника.

При оценке влияния деформации опорной поверхности подшипника на его основные рабочие характеристики ограничимся максимальным значением функции $a\varphi(\theta)$. Введём обозначения $a\varphi(\theta) = a\varphi^*$; при $\theta \in [0, 2\pi]$ $a\varphi^* = \max a\varphi(\theta)$.

Основные уравнения и граничные условия. Будем исходить из безразмерных уравнений движения вязкопластичной смазки для случая «тонкого слоя» и уравнения неразрывности, которые получаются из уравнений Генки-Ильюшина методом оценок

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} = \frac{dp}{d\theta} + A,\quad \frac{\partial \upsilon}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial \theta} = 0 \qquad (1)$$

Система уравнений (1) решается при следующих граничных условиях

$$u = 0,\quad \upsilon = 0 \text{ при } r = 1 + \eta\cos\theta$$
$$u = -1,\ \upsilon = 0 \text{ при } r = 0;\ p(0) = P(2\pi) = \frac{p_д}{p^*}. \qquad (2)$$

Здесь $\eta = \frac{e}{\delta}$; $\delta = r_1 + a\varphi^* - r_0$; $\upsilon_{r'} = \omega\delta\upsilon$, $\upsilon_\theta = \omega r_0 u$ — компоненты вектора скорости; $p' = \frac{\mu\omega r_0^2}{\delta^2}p$ — гидродинамическое давление, $r' = r_0 + \delta r$; $A = \frac{2\tau_0\delta^2}{\mu\omega r_1^2}$ — безразмерный параметр, обуславливающий вязкопластичные свойства смазки; $p_д$ — давление питания; τ_0 — предельное напряжение сдвига.

К уравнению (1) необходимо добавить безразмерную систему уравнений Ламэ для «тонкого слоя»

$$\frac{\partial^2 u_{r'}}{\partial r^{*2}} = 0,\ \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial r^{*2}} = 0. \qquad (3)$$

Здесь в области занятой упругим слоем размерные величины u'_r, u'_θ связаны с безразмерными соотношениями

$$u'_{r'} = u^* u_{r'},\ u'_\theta = u^* u_\theta,\ r' = r_1 + \delta_1 r^*,\ \delta_1 = r_2 - r_1, \qquad (4)$$

где u^* — характерная величина компонента вектора перемещений; $r_2 - r_1$ — толщина упругого слоя.

В переменных (r, θ) и (r^*, θ) уравнение недеформированного контура, прилегающего к смазочному слою, можно записать в виде

$$r = \frac{r_1 - r_0}{\delta} + \eta\cos\theta = h_1(\theta),\ r^* = \eta_1\cos\theta = h_2(\theta),\ \eta = \frac{e}{\delta},\ \eta_1 = \frac{e}{\delta_1}. \qquad (5)$$

Уравнение деформированного контура и внешнего контура упругого слоя прилегающего к жёсткой поверхности подшипника соответственно запишется в виде

$$r = 1 + \eta\cos\theta = h_3(\theta),\ r^* = 1 + \eta_1\cos\theta = h_4(\theta). \qquad (6)$$

Система уравнений (3) решается при следующих граничных условиях

$$N\left.\frac{\partial u_\theta}{\partial r^*}\right|_{r^*=h_2(\theta)} = \left.\frac{\partial u}{\partial r}\right|_{r=h_1(\theta)},\quad M\left.\frac{\partial u_{r'}}{\partial r^*}\right|_{r^*=h_2(\theta)} = -P,\quad u_\theta\big|_{r^*=h_4(\theta)} = u_{r'}\big|_{r^*=h_2(\theta)} = 0,$$

где

$$N = \frac{G_т u^* \delta}{\mu\omega r_0 \delta_1}; \; M = \frac{G_т \left(1+\alpha\right) u^* \delta^2}{\left(1-\alpha\right)\mu\omega r_0^2 \delta_1}; \tag{7}$$

$G_т$ — модуль сдвига; α — постоянная Мусхелишвили; $\tilde{p} = \max p,\ \theta \in [0,\ 2\pi]$; p — безразмерное гидродинамическое давление в смазочном слое радиального подшипника с жёсткой опорной поверхностью.

Граничные условия (7) означают равенство касательных и нормальных направлений на недеформированной упругой поверхности подшипника, прилегающей к смазочному слою.

Интегрируя первое уравнение смазки (3) с учётом граничных условий (7), будем иметь

$$u_{r'} = -\frac{\tilde{p}}{M} r^* + \frac{\tilde{p}}{M} h_4(\theta) \tag{8}$$

Воспользуемся приближённой формулой

$$\left|h_3(\theta) - h_1(\theta)\right| \sim u_{r'}\Big|_{r^* = h_2(\theta)}.$$

С учётом формул (5) и (6) получим

$$\frac{a\varphi^*}{\delta} \approx \frac{\tilde{p}}{M}. \tag{9}$$

Из уравнения (9) с точностью до членов $O\left(\frac{1}{M^2}\right)$ для $a\varphi^*$ получим следующее приближённое уравнение

$$a\varphi^* = \frac{\tilde{p}}{M}\left(r_1 - r_0\right). \tag{10}$$

Из формулы (10), как и ожидалось, следует, что отношение максимального значения деформации к радиальному зазору прямо пропорционально безразмерному максимальному давлению и обратно пропорционально упругогидродинамическому параметру M. При $M \to \infty$ $a\varphi^* \to 0$.

Точное автомодельное решение задачи (1)—(2) будем искать в виде

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial r} + \left(r, \theta\right),\ \upsilon = -\frac{\partial \Psi}{\partial \theta} + V\left(r, \theta\right),\ \Psi = \tilde{\Psi}(\xi),\ U = \tilde{u}(\xi),$$

$$V = \tilde{\upsilon}(\xi) h'(\theta),\ \xi = \frac{r}{h_1},\ \frac{dp}{d\theta} + A = \frac{\tilde{c}_1}{h_3^2} + \frac{\tilde{c}_2}{h_3^3}. \tag{11}$$

Подставляя (11) в (1) и (2) придём к следующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений и граничных условий к ним

$$\tilde{\Psi}''' = \tilde{c}_2,\quad \tilde{u}'' = \tilde{c}_1,\quad \tilde{\upsilon}' - \xi\tilde{u}' = 0 \tag{12}$$

$$\Psi'(0) = 0;\ \tilde{\Psi}'(0) = 0,\ \tilde{u}(0) = -1,\ u(1) = 0,\ \tilde{\upsilon}(0) = 0,\ \tilde{\upsilon}(1) = 0;\ \int_0^1 \tilde{u}(\xi)\, d\xi = 0. \tag{13}$$

Решение задачи (12)—(13) легко находится непосредственным интегрированием. В результате будем иметь

$$\tilde{\Psi}' = \frac{\tilde{c}_2}{2}\left(\xi^2 - \xi\right),\ \tilde{u}(\xi) = \tilde{c}_1 \frac{\xi^2}{2} - \left(\frac{\tilde{c}_1}{2} - 1\right)\xi - 1, \tag{14}$$

где $\tilde{c}_1 = -6$, константа $\tilde{c}_2$ в дальнейшем определяется из условия $P(0)=P(2\pi)$.

Гидродинамическое давление с учётом (14) определяется из последнего уравнения системы (11). С точностью до членов $O(\eta^3)$ для определения P приходим к уравнению

$$\frac{dP}{d\theta}+A=-6\left(1-2\eta\cos\theta+\frac{3}{2}\eta^2+\frac{3\eta^2}{2}\cos2\theta\right)+\tilde{c}_2\left(1-3\eta\cos\theta+3\eta^2+3\eta^2\cos2\theta\right) \quad (15)$$

Из условия периодичности гидродинамического давления в принятом нами приближении для константы $\tilde{c}_2$ получим следующее выражение

$$\tilde{c}_2=A+6-3A\eta^2-9\eta^2 \quad (16)$$

Интегрируя (15) с учётом (16) будем иметь

$$p=-6\eta\sin\theta-3A\eta\sin\theta+9\eta^2\sin2\theta+\frac{3A}{2}\eta^2\sin2\theta+\frac{p_д}{p^*} \quad (17)$$

где $\tilde{p}=p(\theta)$ при $\theta=\theta_1$, где θ_1 является корнем уравнения

$$-6\tilde{\eta}\cos\theta_1-3A\tilde{\eta}\cos\theta_1+18\tilde{\eta}^2\cos2\theta_1+3A\tilde{\eta}^2\cos2\theta_1=0,\ \tilde{\eta}=e/(r_1-r_0). \quad (18)$$

Перейдём к определению безразмерной несущей способности и безразмерной силы трения. С учётом формул (14) и (17) для $\tilde{R}_y$ — безразмерной составляющей несущей способности и безразмерной силы трения получим следующие выражения

$$\tilde{R}_y=\frac{R_y}{r_0P^*}=-\int_0^{2п}P\sin\theta d\theta=6\eta п+3A\eta п$$

$$\tilde{L}_{тр}=\frac{\tilde{L}_{тр}}{\mu\omega r_0}=\int_0^{2п}\left(\frac{\Psi''(0)}{h_3^2(\theta)}+\frac{\tilde{u}'(0)}{h_3(\theta)}\right)d\theta=2п+4\eta^2п-Aп+\frac{3}{2}Aп\eta^2 \quad (19)$$

Численный анализ аналитический выражений (19) с учётом (17) и (18) проводился при следующих значениях параметров

$$A=0{,}6;\ r_1-r_0=0{,}04\ мм;\ \frac{e}{r_1-r_0}=0{,}02=\tilde{\eta};\ M\to10^2,\ 10^3,\ 10^4,\ 10^5;\ 0<M<10^5.$$

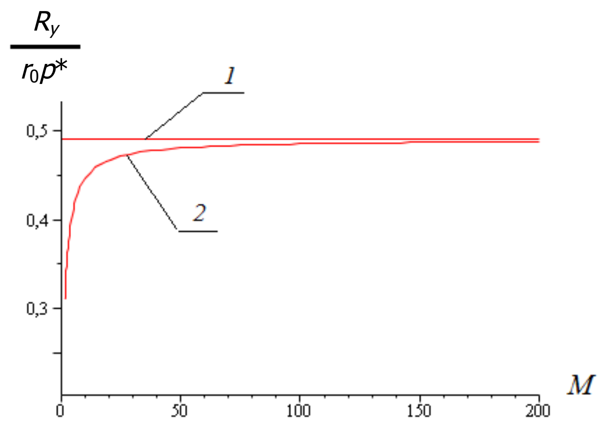


Рис. 1. Зависимость безразмерной несущей способности от параметра М: 1 — $a\varphi^*=0$, A = 0,6; 2 — $a\varphi^*\neq0$, A = 0,6

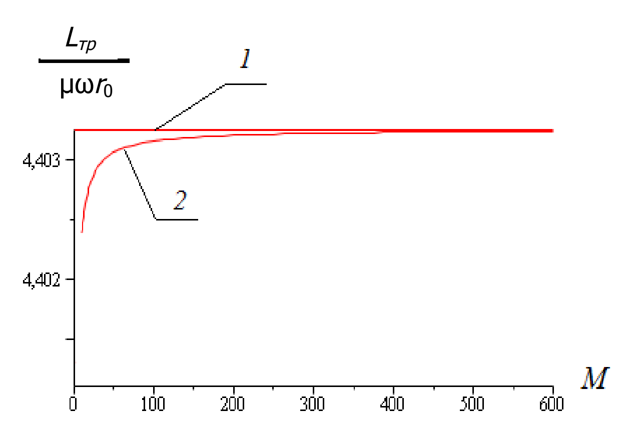


Рис. 2. Зависимость безразмерной силы трения от параметра М: 1 — $a\varphi^*=0$, A = 0,6; 2 — $a\varphi^*\neq0$, A = 0,6

Выводы. Из полученных выражений (19) и зависимостей, приведённых на рис. 1 и 2, следует, что:

1. Значение несущей способности и силы трения подшипника с податливой опорной поверхностью меньше, чем у такого же подшипника с жёсткой опорной поверхностью.
2. С увеличением значения упругогидродинамического параметра *М*, значение несущей способности и силы трения подшипника возрастает. При $M\to\infty$ несущая способность подшипника и сила трения стремятся к соответствующему значению для случая подшипника с жёсткой опорной поверхностью.
3. В принятом в работе приближении значение несущей способности и силы трения прямо пропорционально параметру пластичности *А*.

Библиографический список

1. Тзунг Ен На. О сдавливании плёнки неньютоновской жидкости / Тзунг Ен На // Теоретические основы инженерных расчётов. — 1966. — № 3. — С. 168.
2. Кристенсен, Р. Введение в теорию вязкоупругости. — Москва : Машиностроение, 1974. — 333 с.
3. Ахвердиев, К. С. Нелинейная задача о неустановившемся движении вязкопластичной жидкости между шипом и подшипником // Доклады АН АзССР. — 1977. — Т. 33, № 11. — С. 19–25.
4. Ахвердиев, К. С. Нелинейные эффекты воздействия вязкопластичной смазки на шип подшипника скольжения // Доклады АН АзССР. — 1977. — Т. 34, № 12. — С. 30–35.
5. Ахвердиев, К. С. О движении вязкопластичной смазки в подшипнике // Доклады АН АзССР. — 1977. — Т. 33, № 3. — С. 7–13.
6. Ахвердиев, К. С. Нелинейные эффекты воздействия вязкопластичной смазки на устойчивость движения шипа в подшипнике // Вестник Московского университета. Серия 1. Математика, механика. — 1978. — № 5. — С. 86–92.

Материал поступил в редакцию 27.01.2012.

References

1. Tsung Yen Na. The Non-Newtonian Squeeze Film. *J. Basic Engineering*. 1966, vol. 88, iss. 3, p. 687.
2. Kristensen, R. *Vvedeniye v teotiyu vyazkouprugosti*. [Introduction to viscoelasticity theory.] Moscow: Mashinostroyeniye, 1974, 333 p. (in Russian).
3. Akhverdiyev, K.S. *Nelineynaya zadacha o neustanovivshemsya dvizhenii vyazkoplastichnoy zhidkosti mezhdu shipom i podshipnikom.* [Nonlinear problem on viscoplastic fluid nonsteady flow between nib and bearing.] *Doklady AN AzSSR*, 1977, vol. 33, no. 11, pp. 19–25 (in Russian).
4. Akhverdiyev, K.S. *Nelineynyye effekty vozdeystviya vyazkoplastichnoy smazki na ship podshipnika skolzheniya.* [Nonlinear effects of viscoplastic lubricant on friction bearing nib.] *Doklady AN AzSSR*, 1977, vol. 34, no. 12, pp. 30–35 (in Russian).
5. Akhverdiyev, K.S. *O dvizhenii vyazkoplastichnoy smazki v podshipnike.* [On viscoplastic lubricant motion in bearing.] *Doklady AN AzSSR*, 1977, vol. 33, no. 3, pp. 7–13 (in Russian).
6. Akhverdiyev, K.S. *Nelineynyye effekty vozdeystviya yazkoplastichnoy smazki na ustoychivost dvizheniya shipa v podshipnike.* [Nonlinear viscoplastic lubricant effects on nib dynamical stability in bearing.] *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 1. Matematika. Mekhanika*, 1978, no. 5, pp. 86–92 (in Russian).

MATHEMATICAL MODEL OF VISCOPLASTIC LUBRICATION OF FRICTION BEARING WITH DEFORMABLE BASE

K. S. Akhverdiyev, I. V. Kolesnikov, M. A. Mukutadze, I. S. Semenko
(Rostov State Transport University)

The analysis technique of the radial bearing with a deformable base on the ground of Reynolds equation analog for viscoplastic lubrication, and of Lame equation for 'thin layer' case is given. The technique permitting to form the accurate self-similar solution to the problem considered is offered. The obtained analytical dependences allow estimating the effects of the nondimensional plasticity parameter and the elastic hydrodynamic parameter on the bearing principle operation factors. The results show that the bearing capacity and the frictional force values grow with the increase of plasticity parameter and the elastic hydrodynamic parameter values. In the limiting case when the elastic hydrodynamic parameter goes to infinity, the bearing capacity value and the frictional force go to the proper values for the bearing with a rigid base. In the admitted approximation, the bearing capacity and the frictional force value are directly proportional to the plasticity parameter.
Keywords: *bearing surface, friction bearings, viscoplastic lubrication, deformation, elastic hydrodynamic parameter, bearing capacity, frictional force.*

УДК 62-182:621.882:621.9.048.6

Разборка резьбовых соединений виброволновым методом при ремонте и утилизации изделий машиностроительного производства

А. П. Бабичев, Д. Эссола, С. Н. Худолей
(Донской государственный технический университет)

Исследуется возможность применения виброволнового воздействия в процессах разборки резьбовых соединений. Указанные операции составляют значительный объём работ по ремонту и утилизации изделий машиностроения. Необходимо найти решение данной проблемы, чтобы ограничить загрязнение окружающей среды, экономно использовать природные и материальные ресурсы, энергию, сократить время и средства при производстве новой продукции. Виброволновое нагружение осуществляется следующим образом. Сплошной стальной стержень — волновод колеблется. Эти колебания (частота 15—50 Гц) способствуют многократному снижению крутящего момента при разборке соединения. Рассмотрено снижение крутящего момента при обработке одноимённых соединений, выдержанных во влажной среде с различными интервалами времени. Полученные результаты сравниваются и анализируются. Представлены данные, характеризующие взаимосвязь между используемой схемой виброволнового воздействия на элементы соединений, продолжительностью воздействия на объект и эффективностью разборки.
Ключевые слова: *разборка, разъёмные резьбовые соединения, ремонт, утилизация, виброволновое воздействие, жизненный цикл изделия.*

Введение. В настоящее время значительный интерес представляет проблема обеспечения потребителей качественной продукцией машиностроения с уменьшением вредного воздействия на природу. Один из аспектов технологического решения этой задачи — увеличение жизненного цикла изделий, в том числе на стадии их ремонта и дальнейшей утилизации. Следовательно, необходимо увеличивать ресурс отремонтированных изделий, снижать трудоёмкость ремонта и утилизации. Одно из условий эффективного решения задачи повышения жизненного цикла изделия (ЖЦИ) — развитие технологии ремонтного производства и утилизации. Так, значительную часть общей трудоёмкости составляют разборочные, очистные и моечные операции. Они оказывают существенное влияние на качество ремонта, утилизацию и использование деталей, полученных при утилизации.

Жизненный цикл изделия начинается с появления идеи его создания и включает следующие стадии: изучение рынка, проектирование, производство, эксплуатация, ремонт, утилизация. Несмотря на многообразие изделий машиностроения, существуют определённые закономерности в содержании и развитии их жизненных циклов.

Любое изготовленное изделие, независимо от его назначения, постоянно или периодически эксплуатируется (используется), хранится и транспортируется. Оно может обслуживаться, ремонтироваться, а также полностью или частично повторно использоваться после утилизации [1].

Утилизация изделий машиностроительного производства. Правильная эксплуатация изделий различного функционального назначения и их составляющих (агрегатов, узлов, деталей) обеспечивается проведением технического обслуживания, ремонта и утилизации, предписанных конструктором. Эти этапы ЖЦИ характеризуются сложным производственным процессом. Он включает в себя следующие основные действия: многостадийные моечно-очистные операции, многоэтапная разборка, дефектация, восстановление, сборка машины. Кроме того, выполняются вспомогательные действия: контроль качества, складирование, транспортирование и др.

Изделие используется вторично в случае смены потребителя. Возможно также его новое применение при так называемой первичной форме утилизации. Опыт показывает, что более половины машин в течение жизненного цикла так или иначе используются вторично.

В процессе ремонта и утилизации машин детали после дефектации подразделяются на три группы: годные, требующие ремонта и негодные. Здесь речь идёт о вторичной форме утилизации изделия. Этот вид утилизации приемлем для всех видов изделий, их составных частей, сборочных единиц и деталей. Детали разобранных изделий могут быть восстановлены и применены в данном или в подходящем механизме, а также в качестве материального ресурса. Это зависит от применяемой на предприятии формы ремонта.

В России и во многих развитых странах на современном этапе развития производства становится очевидной необходимость снижения загрязнения окружающей среды, экономии природных и материальных ресурсов, энергии, сокращения времени и средств при выпуске новой продукции. Более эффективно эта тенденция развивается в регулируемой производственной среде с информационной поддержкой.

Утилизация включает все действия по рекуперации, применению и переработке нетоварных материалов и деталей. Из них получают сырьё, или же они используются в других аналогичных изделиях. Утилизация завершает ЖЦИ и даёт начало повторному использованию отдельных элементов в новых жизненных циклах изготовления и эксплуатации машин [2].

Утилизировать можно деталь, сборочную единицу и изделие в целом. Производственный процесс утилизации — так же, как и ремонт — включает несколько этапов очистки, мойку и разборку различного рода соединений. Среди различных разъёмных соединений достаточно широко используются резьбовые.

Воздействие окружающей среды (в частности, её температуры) существенно изменяют исходное состояние соединения. Между деталями в соединении образуются местные связи, которые затрудняют процесс разборки.

В последнее время для разборки и соединения машин различного назначения при ремонте и утилизации всё чаще применяется вибрационное воздействие. Виброволновое воздействие — это прогрессивный метод ослабления момента затяжки и образующихся связей резьбовых разъёмных соединений.

Для подтверждения вышеизложенного выполнены экспериментальные исследования по схеме, представленной на рис. 1. Анализ полученных результатов показывает, что по мере возрастания диаметра крепёжных элементов возрастают моменты затяжки, необходимые для разъединения. При этом момент разъединения в значительной степени зависит от длительности воздействия окружающей среды. Кроме того, обработка соединения волноводом уменьшает крутящие моменты ($M_{кр}$) затяжки до минимального значения, что оптимизирует продолжительность процесса. Дальнейшая обработка не сопровождается существенным изменением $M_{кр}$. С увеличением диаметра соединения при постоянном исходном моменте затяжки увеличивается площадь контактирующей части деталей. Соответственно, увеличивается и момент, необходимый для разъединения соединения как до, так и после обработки. При этом наилучший эффект обеспечивает применение ударного воздействия перпендикулярно оси гайки (рис. 1, а).

Сравнение обработанных образцов, выдержанных в одних и тех же условиях, но разное время, показало, что прочность соединения возрастает при увеличении времени выдержки. Причём с увеличением исходного крутящего момента сборки увеличивается и крутящий момент, необходимый для разъединения (рис. 2, 3).

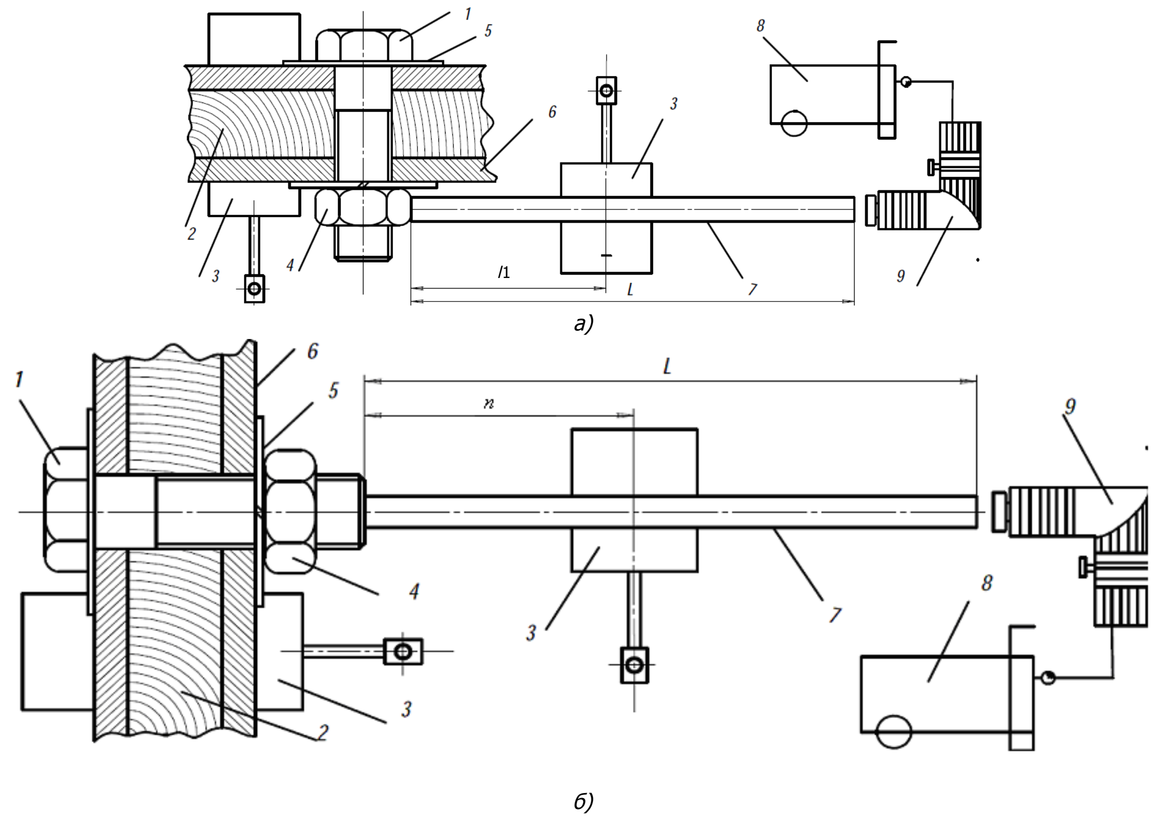


Рис. 1. Нагружение резьбового соединения с применением механического волновода по схеме: перпендикулярно оси гайки (а); параллельно оси болта (б): 1 — болт; 2 — деревянный брус; 3 — тиски; 4 — гайка; 5 — шайба; 6 — стальной лист; 7 — волновод; 8 — компрессор; 9 — пневмоударник; *L* — длина волновода; *n* = ½ *L*

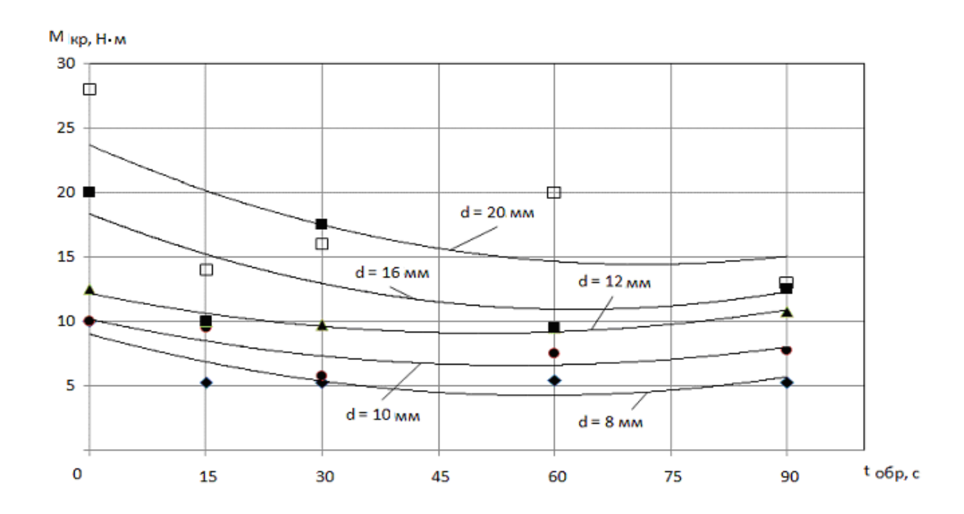
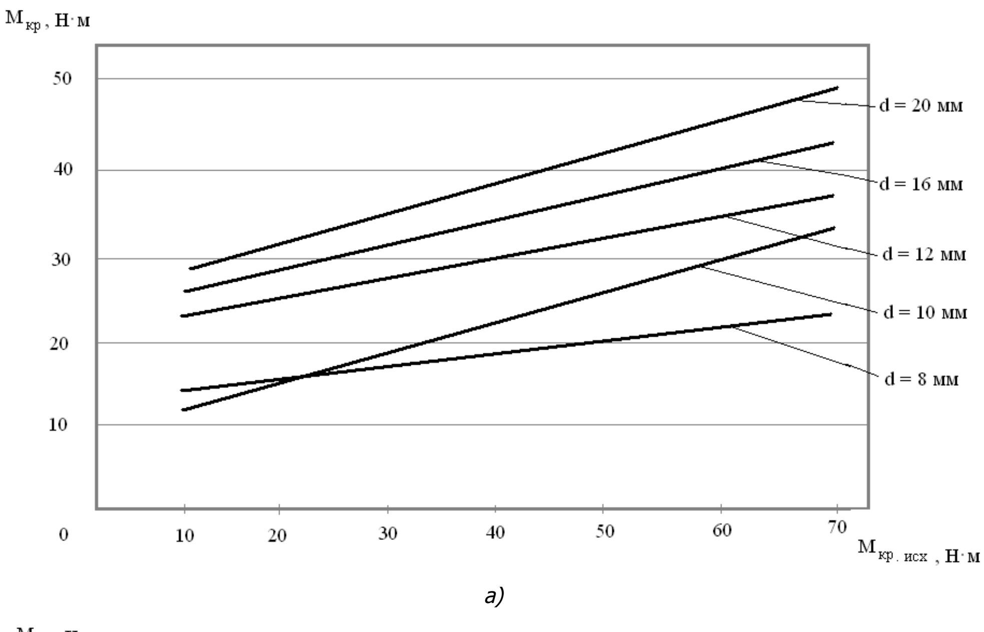
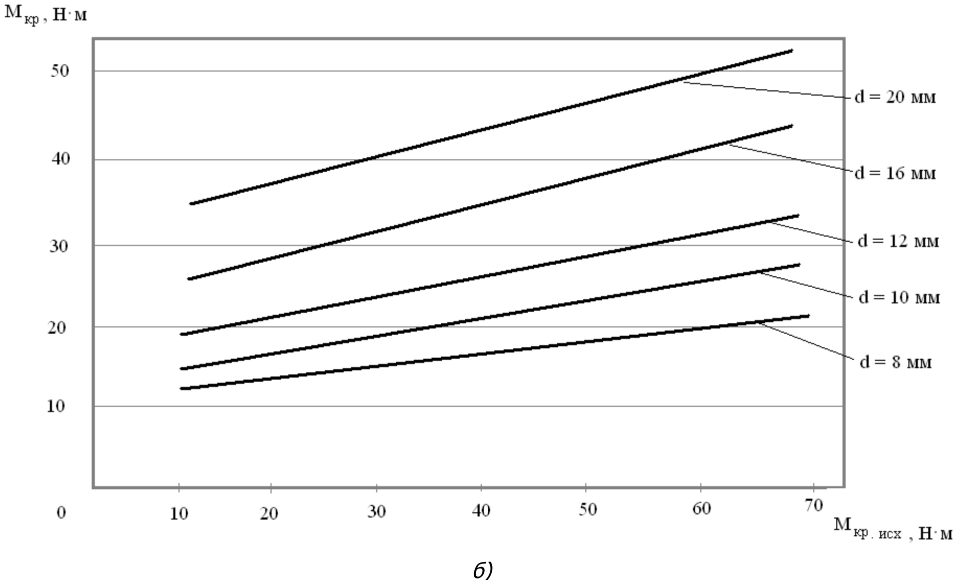


Рис. 2. Зависимость $М_{кр}$ от продолжительности вибрационного воздействия при разборке резьбового соединения для различных параметров пары болт — гайка. $М_{кр\ исх}$ = 15 Н·м. Вибрационное воздействие перпендикулярно оси гайки



а)



б)

Рис. 3. Зависимость величины $M_{кр}$ при разъёме резьбового соединения от момента затяжки, диаметра соединяемых элементов и схемы нагружения ($t_{обр}$ = 60 с): вибрационное воздействие по грани гайки *(а)*; вибрационное воздействие по оси болта *(б)*

Вывод. Виброволновое воздействие интенсивно разрушает образовавшиеся в процессе эксплуатации связи деталей в соединениях (до определённого уровня). Это позволяет существенно снизить трудоёмкость, сократить время выполнения отдельных разборочных операций. При этом в процессе ремонта и утилизации изделий машиностроения сохраняется качество элементов разборки.

Библиографический список

1. Карпунин, М. Г. Жизненный цикл и эффективность машин / М. Г. Карпунин, Я. Г. Любинецкий, Б. И. Майданчик. — Москва : Машиностроение, 1989. — 312 с.

2. Бабичев, А. П. Применение вибрационных технологий для повышения качества и эксплуатационных свойств деталей / А. П. Бабичев, П. Д. Мотренко. — Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2005. — 215 с.

Материал поступил в редакцию 17.01.2012.

References

1. Karpunin, M.G., Lyubinetskiy, Y.G., Maydanchik, B.I. *Zhiznennyy tsikl i effektivnost mashin.* [Machine lifecycle and efficiency.] Moscow: Mashinostroyeniye, 1989, 312 p. (in Russian).

2. Babichev, A.P., Motrenko, P.D. *Primeneniye vibratsionnykh tekhnologiy dlya povysheniya kachestva i ekspluatatsionnykh svoystv detaley.* [Vibration technologies application for parts upgrading and service properties.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2005, 215 p. (in Russian).

DISASSEMBLY OF CONNECTING THREADS USING VIBROWAVE TECHNIQUE UNDER REPAIR AND UTILIZATION OF ENGINEERING PRODUCTS

A. P. Babichev, D. Essola, S. N. Khudoley
(Don State Technical University)

The possibility of the vibrowave impact application under the connecting threads disassembly is investigated. The specified operations go to make up a considerable amount of work in the repair and recycling of engineering products. It is essential to find the problem solution to restrict the environment pollution, to economize natural and material resources, energy, to shorten time and means in the production of new goods. Vibrowave loading is performed in the following manner. A solid iron rod – wave duct vibrates. These oscillations (15–50 Hz) stimulate the torque reduction under the connection disassembly. The torque reduction under processing similar water-cured connections with a variety of time intervals is considered. The obtained results are compared and analyzed. The data characterizing the interrelation between the working diagram of the vibrowave impact on the connection elements, target exposure time, and disassembly efficiency is offered.
Keywords: *disassembly, detachable connecting threads, repair, utilization (recycling), vibrowave impact, product life cycle.*

УДК 631.173:658.58;002.6:004.65

Некоторые вопросы улучшения деятельности предприятий технического сервиса в АПК

Л. В. Борисова, В. П. Димитров, Н. М. Богачёва
(Донской государственный технический университет)

Анализируются вопросы повышения качества услуг технического центра с помощью фиксирования в информационных ресурсах знаний о предметной области. Процессный подход рассматривается как основная концепция улучшения деятельности предприятия. Процессы предприятия технического сервиса идентифицированы, на этой основе построена процессная модель системы менеджмента качества. Для реализации преимуществ процессного подхода в менеджменте качества разработано информационное обеспечение процессов мониторинга, анализа и измерений. Созданы основы для построения системы управления знаниями на предприятии технического сервиса. Произведена идентификация процесса управления знаниями. Декомпозиция процесса «Управление знаниями» позволила выделить пять подпроцессов: «Поиск знаний», «Анализ знаний», «Физическая структуризация данных», «Организация оперативного доступа», «Генерация новых знаний». Разработанная база данных включает одиннадцать таблиц. Некоторые из них представлены в статье в качестве иллюстраций. База данных проектировалась с помощью программного обеспечения Microsoft Office Access 2007. Разработанное информационное обеспечение предназначено для решения задач по улучшению процессов управления техническим центром сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники. В свою очередь, это повысит удовлетворённость потребителей.
Ключевые слова: *технический сервис, система менеджмента качества, процессы, база данных.*

Введение. Современное состояние сельскохозяйственного производства зависит от уровня его технической оснащённости, который определяется процессами поддержания в работоспособном состоянии машинно-тракторного парка сельхозпредприятий.

Технический сервис представляет собой разветвлённую систему, включающую операции по ремонту и восстановлению агрегатов и машин, а также разработку стратегии организации технического сервиса.

Рынок сервисного обслуживания обширен и перспективен, что подтверждается ситуацией, сложившейся в целом по стране, например с парком уборочной техники. Так, примерно 60 % комбайнов эксплуатируются более 10—12 лет, 32 % — 6—10 лет и только 8 % — менее 6 лет. Очевидно, что чем дольше эксплуатируется техника, тем больше она нуждается в техническом обслуживании. В сложившихся условиях неизбежно происходит усиление конкуренции. Как следствие возникает необходимость по-новому посмотреть на управление — ориентировать его прежде всего на удовлетворение запросов и ожиданий потребителей. Реализации такого подхода способствует внедрение систем менеджмента качества (СМК) [1—3]. Именно внедрение и поддержание в рабочем состоянии такой системы помогают предприятию технического сервиса достичь устойчивого успеха. СМК способствуют совершенствованию деятельности организации в удовлетворении потребителей. Кроме того, с помощью СМК можно продемонстрировать заинтересованным лицам конкурентоспособность выпускаемой продукции, выполняемых работ или предоставляемых услуг.

Функциональная модель СМК. Для создания функциональной модели СМК, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями, используется технология функционального моделирования [4]. Диаграмма верхнего уровня описывает объект моделирования в общем виде. За этой диаграммой следует серия дочерних диаграмм, дающих более детальное представление об объекте. Каждая модель должна иметь контекстную диаграмму верхнего уровня, на которой объект моделирования пред-

ставлен единственным блоком с граничными стрелками. Диаграмма А0 устанавливает область моделирования и её границу. На рис. 1 представлена контекстная диаграмма А0 верхнего уровня организации технического сервиса. В результате анализа рассматриваемой предметной области построены диаграммы сети процессов до 4-го уровня вложенности.



Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня А0 организации технического сервиса

Грамотно производить техническое обслуживание и ремонт — достаточно сложная задача. Сотрудники руководствуются своим опытом и знаниями, приобретёнными в течение многих лет. Руководители предприятий особенно заинтересованы в персональных знаниях, так как их трудно получить и представить в явном виде.

Внедрение системы управления знаниями в практику функционирования организации — это перспективное направление обеспечения её устойчивого успеха. Подход, основанный на менеджменте качества, рассматривает управление знаниями как важнейший элемент менеджмента ресурсов (особый вид ресурсов) [3].

В общепринятом понимании управление знаниями — это установленный в организации чёткий порядок работы с информационно-знаниевыми ресурсами и специалистами в определённых сферах деятельности. Его цель — с помощью современных информационных технологий облегчить доступ к знаниям и повторному их использованию [5]. В каждой организации вне зависимости от сферы её деятельности осуществляется непрерывное движение знаний, то есть осуществляется некий процесс производства, обобщения и распространения знаний. Описание процессов можно выполнять с применением различных подходов и инструментальных средств, в зависимости от требований к модели в каждом конкретном случае.

Декомпозиция процесса «Управление знаниями» позволила выделить пять подпроцессов: «Поиск знаний», «Анализ знаний», «Физическая структуризация данных», «Организация оперативного доступа», «Генерация новых знаний».

В работах [6, 7] рассмотрены основные направления деятельности организаций в сфере эксплуатации машин. В ходе исследования были определены процессы, способствующие улучшению деятельности организации технического сервиса. Чтобы сохранить их и применять в дальнейшем в системе управления знаниями, было решено разработать автоматизированное инфор-

мационное обеспечение, которое включает программное обеспечение и базу данных управления базового предприятия.

Программная реализация. Разработанная база данных включает одиннадцать таблиц (рис. 2). База данных (БД) проектировалась с помощью программного обеспечения Microsoft Office Access 2007 [8].

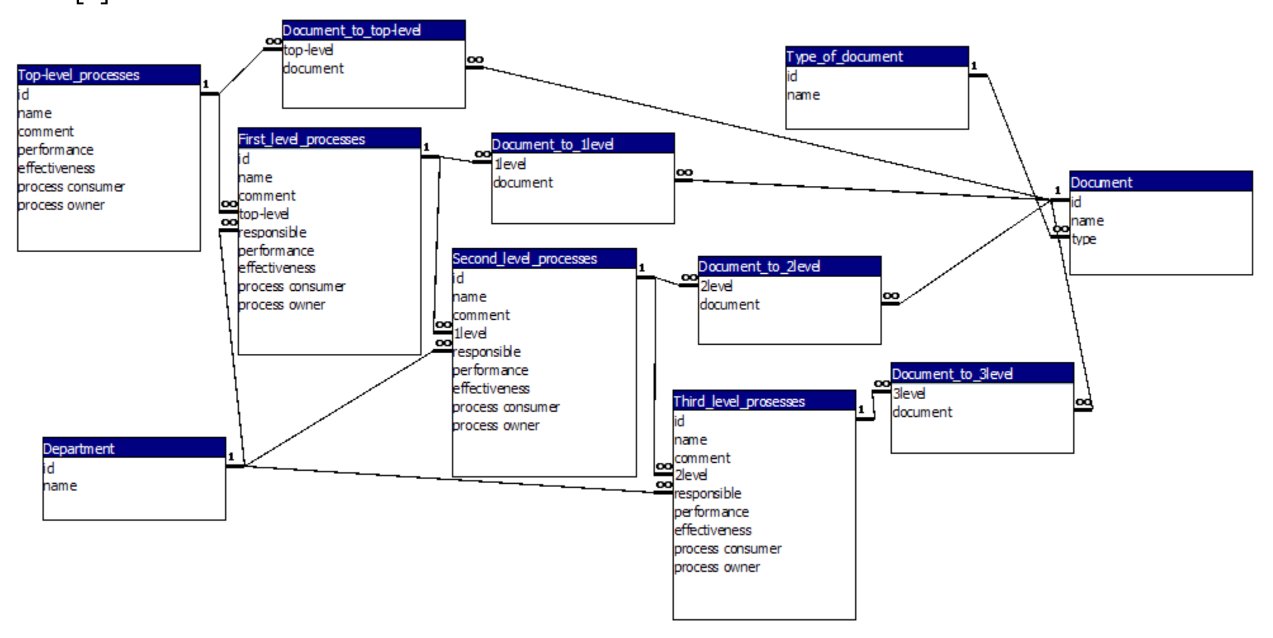


Рис. 2. Структурная схема базы данных

Таблица *Top-level processes* содержит перечень наименований процессов верхнего уровня, а также краткие описания и комментарии к ним. Фрагмент наполнения приведён на рис. 3.

Top-level_processes | First_level_processes | Second_level_processes | Department | Type_of_document

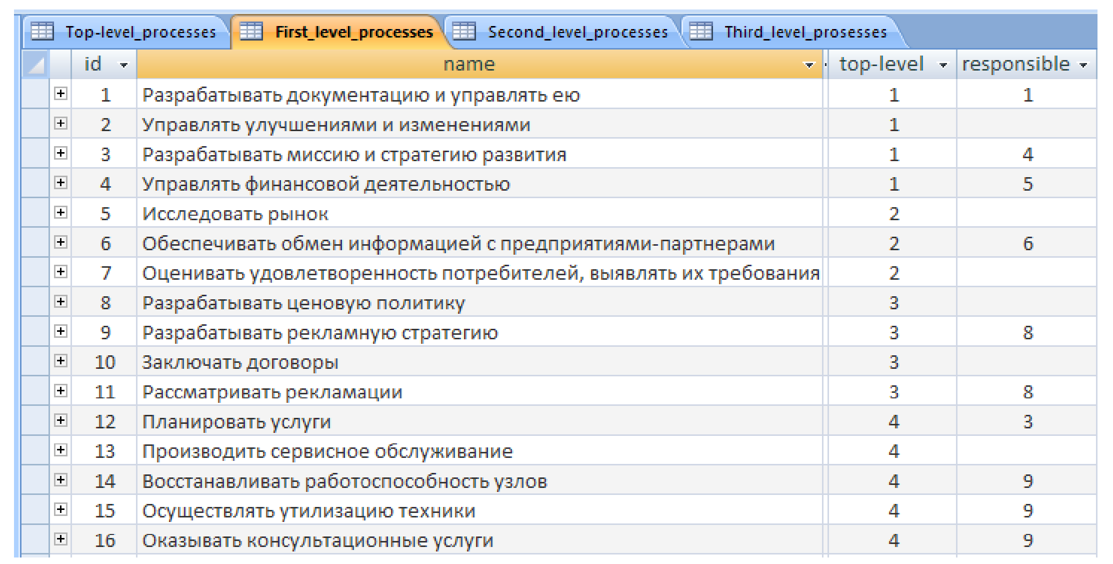
id	name	comment
1	Управлять организацией	воздействия субъекта управления на объект управления (систему в це
2	Развивать внешние связи, проводить маркетинговые исследования	любая исследовательская деятельность, обеспечивающая потребност
3	Продавать изделия	предоставлять товар надлежащего качества покупателям за определе
4	Производить услуги	определенные действия по восстановлению и поддержанию в работо
5	Обеспечивать деятельность организации	поддержание организации в рабочем состоянии
(№)		

Рис. 3. Фрагмент таблицы *Top-level processes*

Подпроцессы первого уровня представлены в таблице *First_level_processes*, которая содержит ссылки на процессы верхнего уровня (рис. 4, а). Аналогичным образом составлены таблицы *Second_level_processes* (процессы второго уровня) и *Third_level_processes* (процессы третьего уровня), которые также связаны с процессами более высоких уровней (рис. 4, б, в).

На предприятиях любой сферы деятельности установлены структурные подразделения, ответственные за каждый процесс. Они перечислены в таблице БД *Departments* (рис. 5).

Для успешного выполнения процессов необходимо действовать согласно нормативной документации соответствующей предметной области. В данном программном обеспечении выделены виды (типы) документов (таблица *Types_of_document*), возможно их последующее раскрытие (таблица *Documents*). Именно поэтому и введены в БД дополнительные таблицы *Documents_to_top-level* (документы для процессов верхнего уровня), *Documents_to_1level* (документы для процессов первого уровня), *Documents_to_2level* (документы для процессов второго уровня), *Documenst_to_3level* (документы для процессов третьего уровня).



Top-level_processes | First_level_processes | Second_level_processes | Third_level_prosesses

id	name	top-level	responsible
1	Разрабатывать документацию и управлять ею	1	1
2	Управлять улучшениями и изменениями	1	
3	Разрабатывать миссию и стратегию развития	1	4
4	Управлять финансовой деятельностью	1	5
5	Исследовать рынок	2	
6	Обеспечивать обмен информацией с предприятиями-партнерами	2	6
7	Оценивать удовлетворенность потребителей, выявлять их требования	2	
8	Разрабатывать ценовую политику	3	
9	Разрабатывать рекламную стратегию	3	8
10	Заключать договоры	3	
11	Рассматривать рекламации	3	8
12	Планировать услуги	4	3
13	Производить сервисное обслуживание	4	
14	Восстанавливать работоспособность узлов	4	9
15	Осуществлять утилизацию техники	4	9
16	Оказывать консультационные услуги	4	9

а)

Top-level_processes | First_level_processes | Second_level_processes | Third_level_prosesses

id	name	1level	responsible
2	Планировать систему показателей деятельности организации	2	
3	Проводить мониторинг и измерение показателей	2	
4	Анализировать деятельность организации	2	
5	Улучшать деятельность	2	
6	Исследовать продукт	5	6
7	Сегментировать рынок	5	6
8	Изучить потребителя	5	6
9	Анализировать каналы сбыта	5	6
10	Анализировать конкурентов	5	6
11	Осуществлять мониторинг удовлетворенности услугами	7	6
12	Осуществлять мониторинг удовлетворенности продукцией	7	6
13	Осуществлять мониторинг удовлетворенности решениями по рекламациям	7	6
14	Осуществлять мониторинг удовлетворенности обслуживанием	7	6
15	Определить цели предприятия на рынке	8	6
16	Анализировать механизм ценообразования	8	6

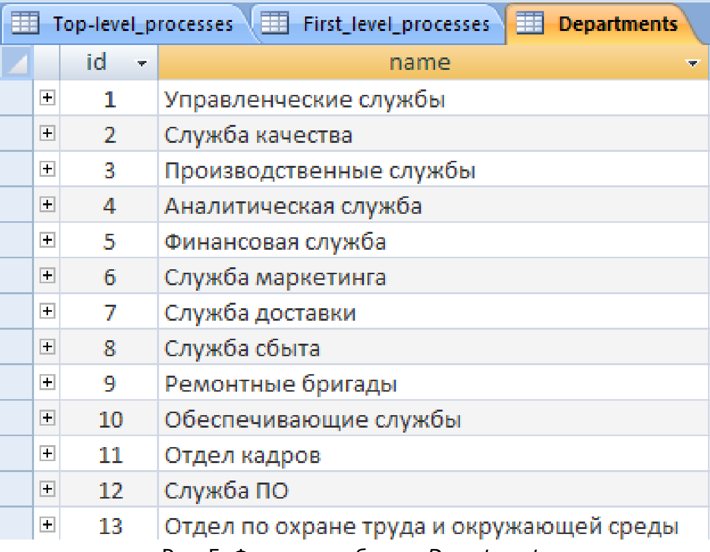
б)

Top-level_processes | First_level_processes | Second_level_processes | Third_level_prosesses

id	name	2level	responsible
1	Планировать экономические показатели	2	2
2	Планировать показатели качества	2	2
3	Планировать расходы на качество	2	2
4	Оценивать эффективность и результативность	3	2
5	Измерять и наблюдать качество процессов	3	2
6	Измерять и наблюдать качество услуг	3	2
7	Измерять экономические показатели	3	2
8	Измерять затраты на обеспечение качества	3	2
9	Проводить самооценку	4	2
10	Проводить внутренние аудиты	4	2
11	Анализировать данные	4	2
12	Проводить корректирующие мероприятия	4	3
13	Выполнять предупреждающие действия	4	3
14	Осуществлять досборку	21	9
15	Осуществлять предпродажное техническое обслуживание	21	9
16	Осуществлять обкатку	21	9

в)

Рис. 4. Фрагменты таблиц процессов разного уровня: *First_level_processes (а)*; *Second_level_processes (б)*; *Third_level_processes (в)*



Top-level_processes | First_level_processes | **Departments**

id	name
1	Управленческие службы
2	Служба качества
3	Производственные службы
4	Аналитическая служба
5	Финансовая служба
6	Служба маркетинга
7	Служба доставки
8	Служба сбыта
9	Ремонтные бригады
10	Обеспечивающие службы
11	Отдел кадров
12	Служба ПО
13	Отдел по охране труда и окружающей среды

Рис. 5. Фрагмент таблицы *Departments*

Заключение. Разработана база данных для повышения эффективности предприятия технического сервиса. Структуризация процессов системы менеджмента качества является основой для создания системы управления знаниями. Успешно применяя систему управления знаниями на предприятии технического сервиса в АПК, организация получает новые возможности для собственного развития и самообучения.

Исследования проводятся в рамках исполнения госконтракта № 14.B37.21.0502.

Библиографический список

1. Черноиванов, В. И. Управление качеством в сельском хозяйстве: науч. изд. / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, Н. В. Краснощёков. — Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2011. — 344 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9001—2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2008. — 60 с.

3. ГОСТ Р ИСО 9004—2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2011. — 40 с.

4. Методология функционального моделирования IDEF0 / Госстандарт России. — Москва : ИПК «Издательство стандартов», 2000. — 75 с.

5. Тузовский, А. Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А. Ф. Тузовский, С. В. Чириков, В. З. Ямпольский; под общ. ред. В. З. Ямпольского. — Томск : Изд-во НТЛ, 2005. — 260 с.

6. Димитров, В. П. Теоретические и практические аспекты управления процессами в системе менеджмента качества / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, Б. Б. Жмайлов. — Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2009. — 169 с.

7. Димитров, В. П. Построение онтологии технического сервиса в агропромышленном комплексе / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, Б. Б. Жмайлов // Вестник ДГТУ. — 2011. — Т. 11, № 10 (61). — С. 1771–1779.

8. Процессы управления предприятием технического сервиса в агропромышленном комплексе (база данных): свидетельство о государственной регистрации № 2012620965 / Н. М. Богачева [и др.]. — № 2012620756; заявл. 19.06.12; зарег. 19.09.12.

Материал поступил в редакцию 19.11.2012.

References

1. Chernoivanov, V.I., Yezhevskiy, A.A., Krasnoshchekov, N.V. *Upravleniye kachestvom v selskom khozyaystve: nauch. izd.* [Quality management in agriculture: sci. publ.] Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2011, 344 p. (in Russian).

2. *GOST R ISO 9001–2008. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnyye polozheniya i slovar.* [State standard R ISO 9001-2008. Quality management systems. Main principles and vocabulary.] Federalnoye agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. [Federal Agency for Technical Regulation and Metrology.] Moscow: Standartinform, 2008, 60 p. (in Russian).

3. *GOST R ISO 9004–2010. Menedzhment dlya dostizheniya ustoychivogo uspekha organizatsii.* [State standard R ISO 9004-2010. Managing for the sustained success of an organization.] Federalnoye agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. [Federal Agency for Technical Regulation and Metrology.] Moscow: Standartinform, 2011, 40 p. (in Russian).

4. *Metodologiya funktsionalnogo modelirovaniya IDEF0.* [IDEF0 functional simulation methodology.] Госстандарт России. [State standard of Russia.] Moscow: IPK «Izdatelstvo standartov», 2000, 75 p. (in Russian).

5. Tuzovskiy, A.F., Chirikov, S.V., Yampolskiy, V.Z. *Sistemy upravleniya znaniyami (metody i tekhnologii).* [Knowledge management systems (methods and technologies).] Tomsk: Izd-vo NTL, 2005, 260 p. (in Russian).

6. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Zhmaylov, B.B. *Teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty upravleniya protsessami v sisteme menedzhmenta kachestva.* [Theoretical and practical aspects of process control in quality management system.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2009, 169 p. (in Russian).

7. Dimitrov, V.P., Borisova, L.V., Zhmaylov, B.B. *Postroyeniye ontologii tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse.* [Building technical service ontology in agroindustrial complex.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2011, vol. 11, no. 10 (61), pp. 1771–1779 (in Russian).

8. Bogacheva, N.M., et al. *Protsessy upravleniya predpriyatiyem tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse (baza dannykh): svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii № 2012620965* [Management processes of technical service plant in agroindustrial complex (database): state registration certificate no. 2012620756] 19.09.2012 (in Russian).

SOME ISSUES ON IMPROVING ACTIVITY OF TECHNICAL-SERVICE ENTERPRISE IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX

L. V. Borisova, V. P. Dimitrov, N. M. Bogacheva
(Don State Technical University)

Some issues on the quality improvement of the services which are carried out by the engineering centre through the registration of the problem area knowledge in the information resources are considered. The process approach is applied as the basic conception of improving enterprise performance. The processes of the engineering centre are identified, the process model of the quality management system is developed on their basis. The information support for the monitoring, analysis, and measurements processes is developed to implement the advantages of the process approach in quality management. The foundation for the development of the knowledge management system in the engineering centre is created. The knowledge management system is identified. The 'Knowledge management' process decomposition allowed to allocate five subprocesses: 'Search of knowledge', 'Analysis of knowledge', 'Physical data structuring', 'Access organization', 'New knowledge generation'. The developed database includes eleven tables. Some of them are presented in the paper for illustrative purposes. The database has been projected through Microsoft Office Access 2007 software. The developed information support is intended to solve the problems of management processes improvement for the agricultural engineering centre. In return, it will increase satisfaction of the consumers.

Keywords*: technical service, quality management system, processes, database.*

УДК 539.32

Поперечные колебания балки с локализованными неоднородностями

А. О. Ватульян, А. В. Осипов
(Донской государственный технический университет)

Представлен способ формулировки асимптотически точных условий сопряжения, моделирующих тонкий разрез, при анализе поперечных колебаний консольно закреплённого стержня. Исследована модель трёхэлементной балки, на каждом участке которой характеристики постоянны. Получено точное аналитическое решение, формирующееся из решений задачи на каждом промежутке, связанных между собой посредством граничных условий и условий сопряжения. Далее исследована аналогичная задача для модели двухэлементной балки, для которой сформулированы асимптотически точные условия на линии сопряжения однородных участков. Рассмотрен случай исчезающе малого тонкого разреза. Проведён анализ точности полученных модифицированных условий сопряжения на амплитудно-частотные зависимости и резонансные частоты. В проведённых вычислительных экспериментах представлены значения невязок полученных условий при различных значениях длины разреза, глубины пропила, а также центра разреза.
Ключевые слова: *балки с дефектами, модифицированные условия сопряжения.*

Введение. В настоящее время всё больше внимания уделяется исследованиям колебаний неоднородных стержней, в том числе стержней с надрезом, моделирующим трещинообразный дефект. Эти модели важны для решения обратных задач динамики упругих конструкций [1, 2]. При этом отметим, что достаточно подробно исследованы задачи с полостью в стержне, проведены исследования и эксперименты по идентификации размеров и местоположения полости в стержне [3, 4], предложены формулы для определения поправок для резонансных частот. Кроме того, отметим цикл работ по исследованию задач об изгибных колебаниях балок с трещинами и разрезами [5—7]. При этом для адекватной постановки задачи требуется модификация граничных условий [8] в задаче для балки с надрезом.

В настоящей работе представлен способ формулировки асимптотически точных условий сопряжения, моделирующих тонкий разрез, при анализе поперечных колебаний консольно закреплённого стержня. Проведён анализ точности полученных условий на амплитудно-частотные зависимости и резонансные частоты.

Задача для трёхэлементной балки. Рассмотрим установившиеся колебания с частотой ω упругой балки длины L, ослабленной тонким надрезом длины $2l$ с центром в точке x_0. Будем считать, что балка на конце $x = 0$ жёстко закреплена, а на конце $x = L$ действует сосредоточенная сила. Уравнение колебаний неоднородной балки имеет вид [9]:

$$\left(EI\left(x\right)w''\left(x\right)\right)'' - \rho\omega^2 F\left(x\right)w\left(x\right) = 0$$

где E — модуль Юнга; I — момент инерции; ρ — плотность; F — площадь поперечного сечения.

Соответствующие граничные условия имеют вид:

$$w\left(0\right) = w'\left(0\right) = 0\,;\ EI\left(L\right)\cdot w''\left(L\right) = 0\,;\ \left(EI\left(x\right)\cdot w''\left(x\right)\right)'\Big|_{x=L} = P\,.$$

Для упрощения постановки задачи рассмотрим сначала модель трёхэлементной балки, на каждом участке которой характеристики постоянны:

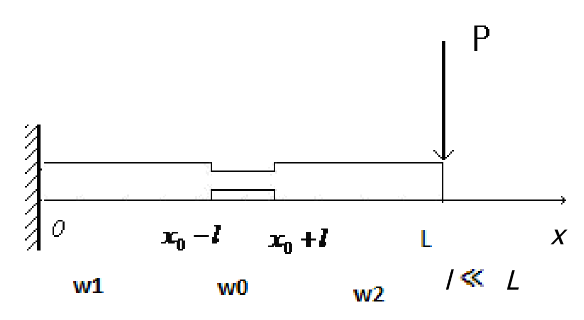


Рис. 1. Консольно закреплённая балка с тонким разрезом

Считая модуль Юнга величиной постоянной по всей длине балки ($E-\text{const}$), будем искать решение задачи на каждом промежутке (для простоты считаем, что поперечное сечение балки — прямоугольник шириной b и высотой H на неповреждённом участке и высоты h в ослабленном месте):

$$\begin{cases} w_1^{IV} - \dfrac{\rho\omega^2 F_1}{EI_1} w_1 = 0, \\ w_0^{IV} - \dfrac{\rho\omega^2 F_0}{EI_0} w_0 = 0, \\ w_2^{IV} - \dfrac{\rho\omega^2 F_2}{EI_2} w_2 = 0, \end{cases} \tag{1}$$

где $F_1 = F_2 = bH$, $F_0 = bh$, $I_1 = I_2 = \dfrac{bH^3}{12}$, $I_0 = \dfrac{bh^3}{12}$.

Условия сопряжения и граничные условия для системы (1) имеют вид:

$$\begin{gathered} w_1(0) = 0, w_1'(0) = 0, \\ w_1(x_0 - l) = w_0(x_0 - l), w_1'(x_0 - l) = w_0'(x_0 - l), \\ I_1 w_1''(x_0 - l) = I_0 w_0''(x_0 - l), I_1 w_1'''(x_0 - l) = I_0 w_0'''(x_0 - l), \\ w_0(x_0 + l) = w_2(x_0 + l), w_0'(x_0 + l) = w_2'(x_0 + l), \\ I_0 w_0''(x_0 + l) = I_2 w_2''(x_0 + l), I_0 w_0'''(x_0 + l) = I_2 w_2'''(x_0 + l), \\ w_2''(L) = 0, w_2'''(L) = \frac{P}{EI_2}. \end{gathered} \tag{2}$$

Попробуем упростить решение задачи, сформулировав для двухэлементной балки модифицированные граничные условия в месте наличия надреза. Для получения условий стыковки на концах разреза представим функцию w_0 в следующем виде:

$$w_0(x) = A_1 \operatorname{ch}(k(x - x_0)) + A_2 \cos(k(x - x_0)) + A_3 \operatorname{sh}(k(x - x_0)) + A_4 \sin(k(x - x_0)), \tag{3}$$

где $k^4 = \dfrac{12\rho\omega^2}{Eh^2}$.

Используя граничные условия (2), получаем следующие равенства, связывающие граничные значения функций w_1 и w_2 на краях разреза:

$$w_2(x_0 + l) = (A_1 + A_2) + (A_3 + A_4)kl;$$

$$w_2'(x_0 + l) = (A_1 - A_2)k^2 l + (A_3 + A_4)k;$$

$$I_2 w_2''(x_0 + l) = I_0\left((A_1 - A_2)k^2 + (A_3 - A_4)k^3 l\right);$$

$$I_2 w_2'''(x_0+l) = I_0\left(\left(A_1+A_2\right)k^4 l + \left(A_3-A_4\right)k^3\right);$$
$$w_1(x_0-l) = \left(A_1+A_2\right) - \left(A_3+A_4\right)kl;$$
$$w_1'(x_0-l) = -\left(A_1-A_2\right)k^2 l + \left(A_3+A_4\right)k;$$
$$I_2 w_1''(x_0-l) = I_0\left(\left(A_1-A_2\right)k^2 - \left(A_3-A_4\right)k^3 l\right);$$
$$I_2 w_1'''(x_0-l) = I_0\left(-\left(A_1+A_2\right)k^4 l + \left(A_3-A_4\right)k^3\right).$$

Исключив из получившихся соотношений произвольные постоянные A_1, A_2, A_3, A_4, характеризующие участок надреза, получаем следующие условия, связывающие соответствующие значения производных слева и справа от разреза:

$$\begin{gathered}
w_1(x_0-l) - w_2(x_0+l) + l\left(w_1'(x_0-l) + w_2'(x_0+l)\right) = 0;\\
w_1'(x_0-l) - w_2'(x_0+l) + l\cdot\frac{I_2}{I_0}\left(w_1''(x_0-l) + w_2''(x_0+l)\right) = 0;\\
\frac{I_2}{I_0}\left(w_1''(x_0-l) - w_2''(x_0+l)\right) + l\cdot\frac{I_2}{I_0}\left(w_1'''(x_0-l) + w_2'''(x_0+l)\right) = 0;\\
\frac{I_2}{I_0}\left(w_1'''(x_0-l) - w_2'''(x_0+l)\right) + k^4 l\left(w_1(x_0-l) + w_2(x_0+l)\right) = 0.
\end{gathered} \tag{4}$$

Раскладывая в соотношениях (4) выражения для функций в ряд с точностью до $O\left(l^2\right)$ в окрестности x_0, получим следующие равенства:

$$w_1(x_0) - l\cdot w_1'(x_0) + \frac{l^2}{2}\cdot w_1''(x_0) - w_2(x_0) - l\cdot w_2'(x_0) - \frac{l^2}{2}\cdot w_2''(x_0) +$$
$$+l\cdot\left(w_1'(x_0) - l\cdot w_1''(x_0) + w_2'(x_0) + l\cdot w_2''(x_0)\right) = 0;$$
$$w_1'(x_0) - l\cdot w_1''(x_0) + \frac{l^2}{2}\cdot w_1'''(x_0) - w_2'(x_0) - l\cdot w_2''(x_0) - \frac{l^2}{2}\cdot w_2'''(x_0) +$$
$$+l\cdot\frac{I_2}{I_0}\left(w_1''(x_0) - l\cdot w_1'''(x_0) + w_2''(x_0) + l\cdot w_2'''(x_0)\right) = 0;$$
$$w_1''(x_0) - l\cdot w_1'''(x_0) + \frac{l^2}{2}\cdot w_1^{IV}(x_0) - w_2''(x_0) - l\cdot w_2'''(x_0) +$$
$$+\frac{l^2}{2}\cdot w_2^{IV}(x_0) + l\cdot\left(w_1'''(x_0) - l\cdot w_1^{IV}(x_0) + w_2'''(x_0) + l\cdot w_2^{IV}(x_0)\right) = 0;$$
$$w_1'''(x_0) - w_2'''(x_0) + k^4 l\cdot\frac{I_0}{I_2}\left(w_1(x_0) + w_2(x_0)\right) = 0.$$

Упростив, окончательно получаем следующие условия сопряжения:

$$\begin{gathered}
w_1(x_0) - w_2(x_0) - \frac{l^2}{2}\cdot\left(w_1''(x_0) - w_2''(x_0)\right) = 0;\\
w_1'(x_0) - w_2'(x_0) + l\cdot\left(\frac{I_2}{I_0} - 1\right)\left(w_1''(x_0) + w_2''(x_0)\right) - \frac{l^2}{2}\cdot\left(\frac{I_2}{I_0} - 1\right)\left(w_1'''(x_0) - w_2'''(x_0)\right) = 0;\\
w_1''(x_0) - w_2''(x_0) - \frac{l^2}{2}\cdot\left(w_1^{IV}(x_0) - w_2^{IV}(x_0)\right) = 0;\\
w_1'''(x_0) - w_2'''(x_0) + k^4 l\cdot\frac{I_0}{I_2}\left(w_1(x_0) + w_2(x_0)\right) = 0.
\end{gathered} \tag{5}$$

Сохраняя в (5) слагаемые с точностью до $O\left(l^2\right)$, получаем окончательно условия сопряжения на концах разреза для сечения в виде прямоугольника:

$$\begin{aligned}
&1.\ w_1\left(x_0\right)-w_2\left(x_0\right)=0;\\
&2.\ w_1'\left(x_0\right)-w_2'\left(x_0\right)+2l\left(\frac{H^3}{h^3}-1\right)w_1''\left(x_0\right)=0;\\
&3.\ w_1''\left(x_0\right)-w_2''\left(x_0\right)=0;\\
&4.\ w_1'''\left(x_0\right)-w_2'''\left(x_0\right)+\frac{24\rho\omega^2}{EH^3}\cdot hlw_1\left(x_0\right)=0.
\end{aligned} \qquad (6)$$

В случае исчезающе малого тонкого разреза, где $l \to 0$, в условиях 2 и 4 в (6) выполняется предельный переход, и они сводятся к традиционным.

В таблице 1 показано, как изменяется невязка при выполнении каждого из условий (6) с изменением длины разреза; в таблице 2 показано, как изменяется невязка при изменении глубины разреза; в таблице 3 показано, как изменяется значения невязки каждого из условий для различных точек разреза x_0.

Таблица 1

Значение невязок условий сопряжения при различных l для $x_0 = 0,5$

$\frac{l}{L}$	$\frac{H}{h}$	Значения невязок для соответствующих условий сопряжения в процентах			
		1	2	3	4
0,1	2	60,02	5,81	22,34	5,99
0,05	2	23,69	3,76	10,81	1,49
0,01	2	3,81	1,21	2,10	0,06
0,005	2	0,18	0,63	1,05	0,01
0,001	2	0,03	0,13	0,21	0,0006

Таблица 2

Значение невязок условий сопряжения при различных значениях глубины разреза для $x_0 = 0,5$

$\frac{l}{L}$	$\frac{H}{h}$	Значения невязок для соответствующих условий сопряжения в процентах			
		1	2	3	4
0,01	1,11	3,66	1,21	2,07	0,003
0,01	1,25	3,67	1,21	2,07	0,005
0,01	1,43	3,70	1,21	2,07	0,01
0,01	1,67	3,73	1,21	2,08	0,02
0,01	2	3,81	1,21	2,10	0,06
0,01	2,5	3,96	1,22	2,18	0,17

Таблица 3

Значение невязок условий сопряжения для различных значений точки разреза

$\frac{l}{L}$	$\frac{H}{h}$	x_0	Значения невязок для соответствующих условий сопряжения в процентах			
			1	2	3	4
0,01	2	0,1	28,92	9,52	1,16	0,02
0,01	2	0,2	11,67	4,31	1,3	0,03
0,01	2	0,3	7,10	2,61	1,49	0,04
0,01	2	0,4	5,01	1,74	1,75	0,05
0,01	2	0,5	3,81	1,21	2,10	0,06
0,01	2	0,6	3,03	0,83	2,63	0,07
0,01	2	0,7	2,48	0,54	3,50	0,07
0,01	2	0,8	2,07	0,31	5,21	0,08
0,01	2	0,9	1,75	0,11	10,12	0,08

Нетрудно заметить, что при увеличении длины или глубины разреза ($H > 3h$) погрешность возрастает, что требует более сложных моделей изгиба балки, например, модели типа Тимошенко [9].

Задача для двухэлементной балки. С помощью выведенных условий сопряжения (4) можно исследовать задачу о колебаниях двухэлементной балки, то есть балки с тонким разрезом, которой соответствует система двух дифференциальных уравнений, а вместо граничных условий (2) для трёхэлементной балки выступают полученные условия сопряжения (6).

Сравним полученное решение для двухэлементной балки и точное решение для трёхэлементной балки, а в качестве критерия выберем значение смещения на свободном конце ($w_2(L)$) при различных значениях безразмерной частоты *k*.

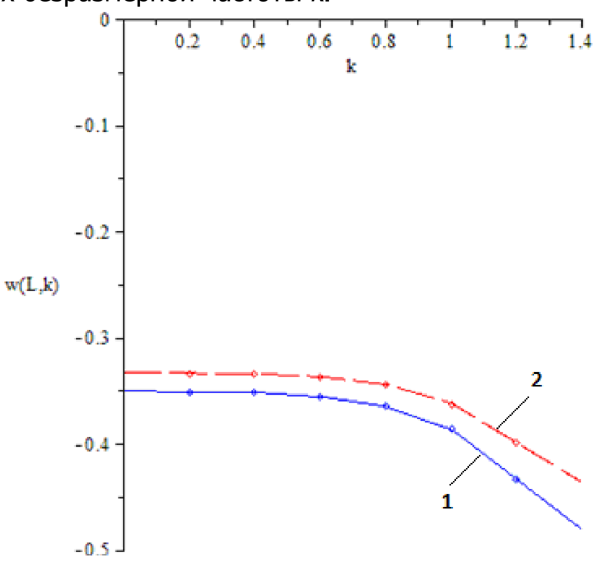
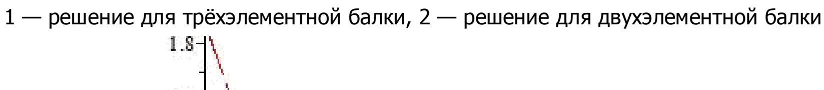


Рис. 2. Сравнение значений $w_2(L)$ при значениях *k* до первого резонанса для $H = 0{,}1$, $h = 0{,}05$, $l = 0{,}01$:

1 — решение для трёхэлементной балки, 2 — решение для двухэлементной балки



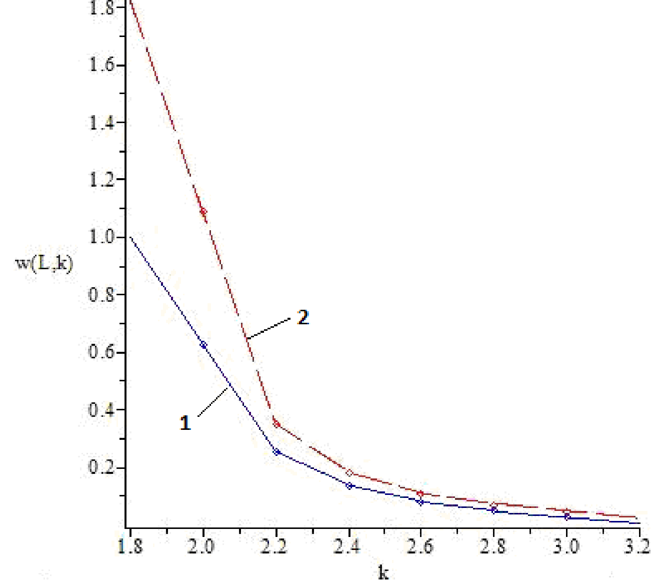


Рис. 3. Сравнение значений $w_2(L)$ при значениях *k* после первого резонанса для $H = 0{,}1$, $h = 0{,}05$, $l = 0{,}01$:

1 — решение для трёхэлементной балки, 2 — решение для двухэлементной балки

Как проиллюстрировано на рисунках 2 и 3, погрешность решения увеличивается в окрестности резонанса, но при этом на других участках не превышает 5 %.

В таблице 4 показаны значения резонансных частот для точного решения задачи с использованием трёхэлементной балки и решения задачи для двухэлементной балки, построенного с использованием полученных условий сопряжения.

Таблица 4

Сравнение значений резонансных частот для трёхэлементной и двухэлементной балок

$\frac{l}{L}$	$\frac{H}{h}$	Значения резонансных частот для	
		трёхэлементной балки	двухэлементной балки
0,01	1,11	1,873	1,870
0,01	1,25	1,869	1,868
0,01	1,43	1,861	1,864
0,01	1,67	1,844	1,858
0,01	2	1,802	1,844
0,01	2,5	1,692	1,815

Как видно из приведённой таблицы, при малой глубине разреза значения резонансных частот отличаются незначительно, а при увеличении глубины разреза разница между резонансными частотами растёт.

Заключение. Рассмотрена модель трёхэлементной балки, характеристики которой постоянны на каждом участке. Получено точное аналитическое решение, формирующееся из решений задачи на каждом промежутке. Представлен способ формулировки условий сопряжения на концах тонкого разреза. Сформулированы адекватные модифицированные условия сопряжения на концах тонкого разреза. Проведён ряд численных экспериментов по оценке точности полученных условий, в которых продемонстрирована адекватность полученных условий. Результаты вычислительных экспериментов позволили оценить влияние параметров пропила на точность сформулированных условий сопряжения. Выполнено сравнение резонансных частот для трёхэлементной и двухэлементной балок.

Библиографический список

1. Гладвелл, Г. М. Л. Обратные задачи теории колебаний / Г. М. Л. Гладвелл. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2008. — 608 с.

2. Ватульян, А. О. Обратные задачи в механике деформируемого твёрдого тела / А. О. Ватульян. — Москва : Физматлит, 2007. — 223 с.

3. Ватульян, А. О. Об определении местоположения и размера полости в упругом стержне / А. О. Ватульян, Н. О. Солуянов // Дефектоскопия. — 2005. — № 9. — С. 44–56.

4. Ватульян, А. О. Идентификация полости в упругом стержне при анализе поперечных колебаний / А. О. Ватульян, Н. О. Солуянов // Прикладная механика и техническая физика. — 2008. — Т. 49, № 6. — С. 1015–1020.

5. Ахтямов, А. М. О решении задачи диагностирования дефектов в виде малой полости в стержне / А. М. Ахтямов, А. Р. Аюпова // Журнал Средневолжского математического общества. — 2010. — Т. 12, № 3. — С. 37–42.

6. Ахтямов, А. М. Диагностирование местоположения трещины в стержне по собственным частотам продольных колебаний / А. М. Ахтямов, А. Р. Каримов // Электронный журнал «Техническая акустика», http://ejta.org. — 2010. — Т. 10, № 3.

7. Ильгамов, М. А. Диагностика повреждений консольной балки с надрезом / М. А. Ильгамов, А. Г. Хакимов // Дефектоскопия. — 2009. — № 6. — С. 83–89.

8. Осипов, А. В. Об одной модели балки с тонким разрезом / А. В. Осипов // Современные проблемы механики сплошной среды: труды XV Междунар. конф. В 2 тт. Т. 2. — Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального ун-та, 2011. — С. 190–193.

9. Филиппов, А. П. Колебания деформируемых систем / А. П. Филиппов. — Москва : Машиностроение, 1970. — 736 с.

Материал поступил в редакцию 18.11.2012.

References

1. Gladwell, G.M.L. *Obratnyye zadachi teorii kolebaniy.* [Inverse problems in vibration.] Izhevsk: Institut kompyuternykh issledovaniy, 2008, 608 p. (in Russian).

2. Vatulyan, A.O. *Obratnyye zadachi v mekhanike deformiruyemogo tverdogo tela.* [Inverse problems in deformable solid mechanics.] Moscow: Fizmatlit, 2007, 223 p. (in Russian).

3. Vatulyan, A.O., Soluyanov, N.O. *Ob opredelenii mestopolozheniya i razmera polosti v uprugom sterzhne.* [On positioning and sizing of cavity in elastic rod.] *Defektoskopiya*, 2005, no. 9, pp. 44–56 (in Russian).

4. Vatulyan, A.O. *Identifikatsiya polosti v uprugom sterzhne pri analize poperechnykh kolebaniy.* [Characterization of cavity in elastic rod under lateral vibration analysis.] *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics,* 2008, vol. 49, no. 6, pp. 1015–1020 (in Russian).

5. Akhtyamov, A.M. *O reshenii zadachi diagnostirovaniya defektov v vide maloy polosti v sterzhne.* [On solution to problems of diagnosing defects in the form of a small cavity in rod.] *Zhurnal Srednevolzhskogo matematicheskogo obschestva*, 2010, vol. 12, no. 3, pp. 37–42 (in Russian).

6. Akhtyamov, A.M., Karimov, A.R. *Diagnostirovaniye mestopolozheniya treshchiny v sterzhne po sobstvennym chastotam prodolnykh kolebaniy.* [Diagnostics of crack location in a rod using natural frequency of longitudinal vibration.] *Elektronnyy «Tekhnicheskaya akustika».* [Electronic Journal *Technical Acoustics.*] http://ejta.org, 2010, vol. 10, no. 3 (in Russian).

7. Ilgamov, M.A., Khakimov, A.G. *Diagnostika povrezhdeniy konsolnoy balki s nadrezom.* [Diagnosis of damage of a cantilever beam with a notch.] *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 2009, no. 6, pp. 83–89 (in Russian).

8. Osipov, A.V. *Ob odnoy modeli balki s tonkim razrezom.* [On a beam model with a thin section.] *Sovremennyye problemy mekhaniki sploshnoy sredy: trudy XV Mezhdunarodnoy konferentsii.* [Contemporary issues of continuum mechanics: Proc. XV Int. Conf.] In 2 vol. Vol. 2. Rostov-on-Don: Izdatelstvo Yuzhnogo federalnogo universiteta, 2011, pp. 190–193 (in Russian).

9. Filippov, A.P. *Kolebaniya deformiruyemykh sistem.* [Deformable system vibrations.] Moscow: Mashinostroyeniye, 1970, 736 p. (in Russian).

TRANSVERSE VIBRATIONS OF BEAM WITH LOCALIZED HETEROGENEITIES

A. O. Vatulyan, A. V. Osipov
(Don State Technical University)

The formulation technique for the asymptotically exact coupling conditions simulating a thin section under the analysis of transverse vibrations of the cantilever fitted rod is presented. The three-piece beam model with constant characteristics in every area is investigated. An exact analytical solution produced from decisions of every interval associated with each other through the boundary conditions and matching conditions is obtained. Then, the analogous problem for the two-element beam model, for which asymptotically exact conditions on the coupling line of the uniform sections are formulated, is studied. The case of the vanishingly small thin cut is considered. The accuracy analysis of the obtained modified coupling conditions on the amplitude-frequency dependences and resonant frequencies is made. The residual values of the obtained conditions at various amounts of the cut length, depth, and central point are presented in the conducted computational experiments.
Keywords: *beams with defects, modified coupling conditions.*

УДК 621.927

Особенности магнитовибрационной технологии сепарации шламов шлифовального производства

Ю. М. Вернигоров, Д. М. Плотников, Н. Н. Фролова
(Донской государственный технический университет)

При утилизации отходов механической обработки методами порошковой металлургии коэффициент использования металла возрастает с 0,4 до 0,95. Снижаются энергозатраты на получение изделий. При сепарации шламов, образующихся в процессе шлифования стальных деталей, перспективным подходом является ожижение дисперсных ферромагнитных материалов в магнитном поле. В неоднородном электромагнитном поле эффективно разрушаются конгломераты шлама, удерживающие абразив, в результате чего возможно качественное разделение магнитной и немагнитной фракции шлама. Описан механизм и основные блоки магнитовибрационной технологии сепарации шлифовальных шламов подшипникового производства. Приведена методика определения оптимальных режимов магнитных полей, при которых осуществляется эффективное разделение магнитной и немагнитной фракций. Приведённая расчётная модель позволяет определить интервал градиента индукции переменного магнитного поля, при котором разрушаются конгломераты шлифовального шлама. Абразив, выделенный из шлама, использовали при литье по выплавляемым моделям. Металлическая компонента шлама применялась при обмазке электродов для дуговой сварки.
Ключевые слова: *сепарация, шлифовальный шлам, магнитовибрирующий слой, отделение СОЖ, магнитное поле.*

Введение. С каждым годом становится всё более актуальной проблема создания экологически чистого ресурсосберегающего промышленного производства. Это обусловлено рядом обстоятельств: сокращением и истощением природных запасов, увеличением их стоимости; ужесточением требований к охране окружающей среды и, в частности, к экологической чистоте и безопасности производственных технологий. В настоящее время главное требование при использовании отходов — получение немедленного практического результата.

На предприятиях машиностроения и металлургии, осуществляющих обработку металлов, ежемесячно образуются тысячи тонн металлсодержащих шламов. Это во много раз больше, чем отходов с операций опиловки и обкатки. Особенно сложен по составу шлифовальный шлам. Это смесь мелкой металлической стружки, абразива, технических масел, смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и т. д. В металлсодержащих отходах содержится значительное количество неметаллических включений и технических масел, поэтому они не могут использоваться в качестве вторичного сырья без предварительной переработки. Частично решён вопрос со стружкой, которую прессуют в брикеты. Однако наличие на поверхности брикетированной стружки остатков технических масел и смазочно-охлаждающих жидкостей приводит к интенсивной коррозии металла. Кроме того, не исключается опасность самовоспламенения. К настоящему времени технологии переработки и обогащения шлифовальных шламов и отходов металлургических производств недостаточно развиты для успешного внедрения на производстве.

Основные преимущества утилизации отходов механообработки (стружки и шламов) методами порошковой металлургии заключаются в том, что устраняется угар легирующих элементов. Значительно сокращаются затраты на транспортировку, поскольку обрабатывать отходы можно будет на предприятии, где они образуются. Снижаются потери и засорённость шлама при его транспортировке и хранении. Коэффициент использования металла возрастает с 0,4—0,6 до 0,85—0,95. При необходимости возможно дополнительное легирование такими компонентами,

которые нельзя ввести в расплавленный металл. Это улучшает эксплуатационные свойства получаемых изделий. Существенно снижаются энергозатраты [1, 2].

Фирма «Бритиш стил Корпорэйшн» (Англия) предложила собственный способ переработки шламов в порошок [3]. Кроме того, известен способ получения порошка из шлама [4] при механическом отделении жидкой составляющей. Она отжимается двумя цилиндрическими валками, вращающимися в противоположных направлениях. Шлам подают к отжимным валкам транспортёрной лентой. После отжима остаток масла удаляют растворителем, а твёрдую составляющую отжигают в печи в восстановительной атмосфере. Полученную губку измельчают, металлическую фракцию отделяют от абразива магнитной сепарацией. При таком способе трудно получить материал, свободный от неметаллических включений, так как спёк при размоле может образовывать конгломераты металлических частиц с абразивными включениями, которые невозможно извлечь традиционной магнитной сепарацией.

Цель работы. Описание последовательности технологических операций магнитовибрационной сепарации шлифовального шлама подшипникового производства, обеспечивающих высокоэффективное разделение магнитной и немагнитной составляющих шлама.

Экспериментальная часть. Для достижения поставленной цели предложено использовать сепарацию в неоднородном электромагнитном поле. Это позволит разрушить агрегаты, выделить абразив и получить продукты переработки высокой чистоты. Магнитовибрационный сепаратор должен отвечать следующим требованиям.

1. Комплекс оборудования и транспортировочные средства должны быть компактны. Это необходимо для удобной транспортировки на другое предприятие (например, в случае истощения запасов отходов).

2. Перерабатывать шлам в больших количествах, быть экологически чистым и потреблять разумное количество энергии.

3. Все блоки сепаратора должны быть обеспечены датчиками, совместимыми с ЭВМ и позволяющими гибко менять параметры работы механизмов и магнитных полей.

Блок-схема устройства, обеспечивающего разделение магнитной и немагнитной фракции шлама, приведена на рис. 1.

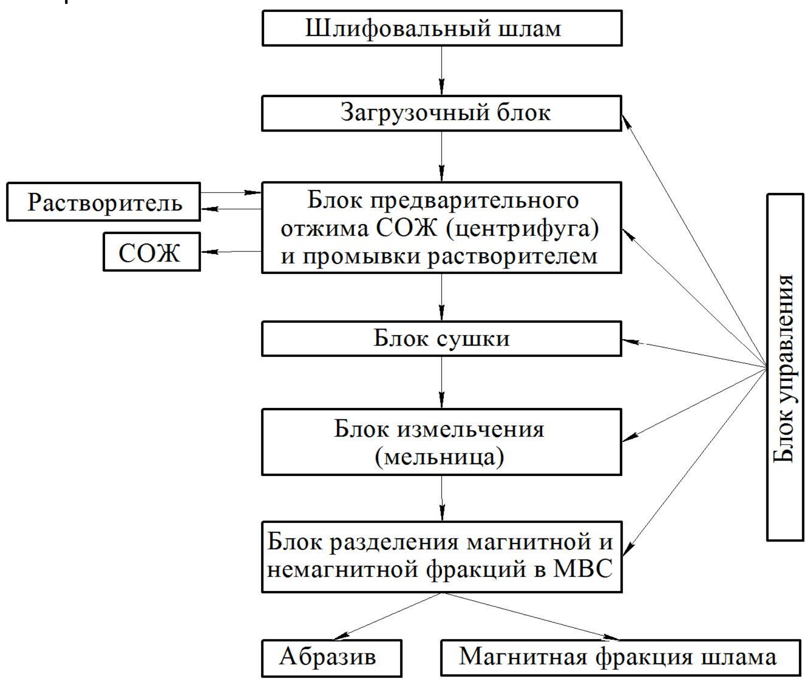


Рис. 1. Блок-схема сепаратора

Комплекс по переработке шлифовального шлама включает в себя следующие компоненты:

1) загрузочный блок с дозатором,

2) блок предварительного отжима СОЖ (центрифуга) и промывки остатков СОЖ (промывка растворителем),

3) блок сушки (конвейер, проходящий через камеру с температурой 200°C),

4) блок измельчения (мельница),

5) блок разделения фракций шлама (рис. 2).

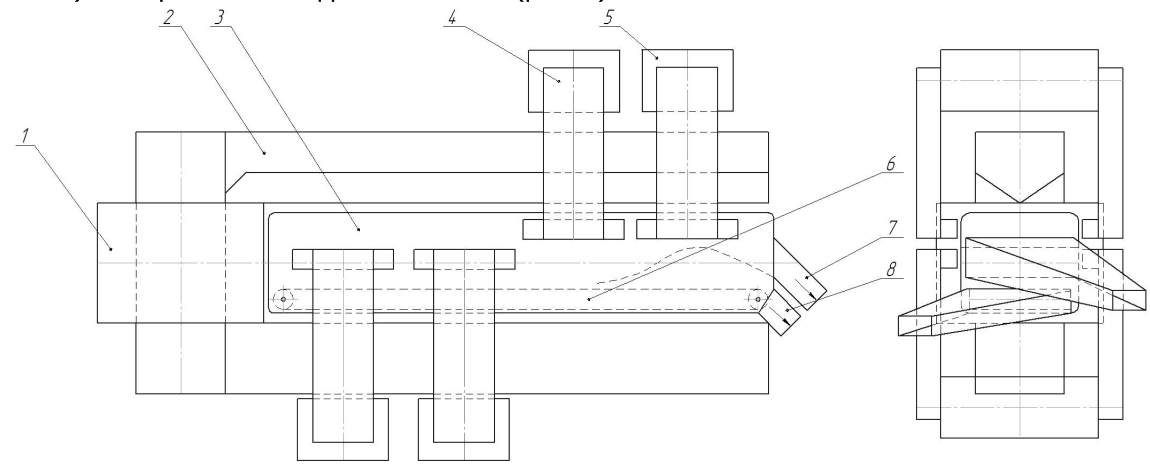


Рис. 2. Блок разделения магнитной и немагнитной фракции шлама

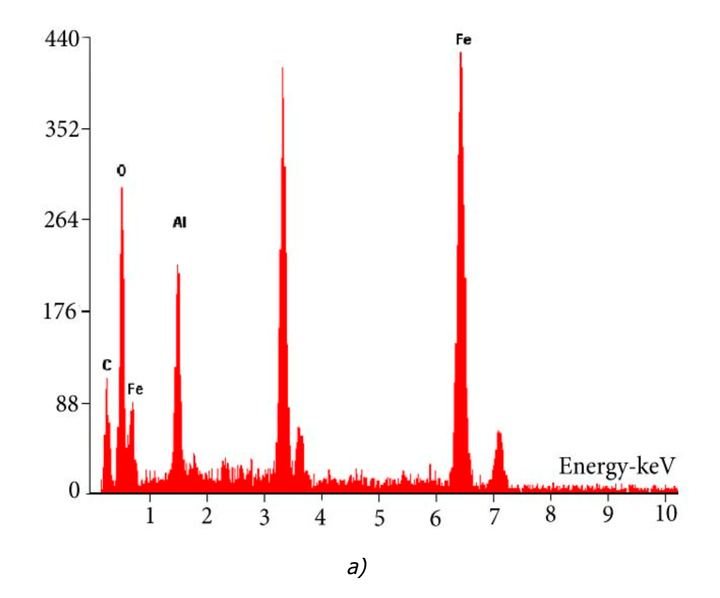
Последний блок представляет собой камеру, помещённую между полюсами пермеаметра (электромагнит переменного поля) и группой электромагнитов постоянного поля. Силовые линии полей пермеаметра (2) и магнитов постоянного поля (4) взаимно перпендикулярны. Через камеру (3) проходит конвейерная лента (6), на которой оседает отделившийся абразив и перемещается к выпускной горловине (8). Электромагниты постоянного поля работают циклично для перемещения порции псевдокипящей магнитной фракции вдоль камеры к выпускной горловине (7).

Шлам попадает в камеру (3). Здесь создаётся электромагнитное поле постоянного магнита. За счёт действия сил притяжения этого поля шлам притягивается в область, где создаётся магнитовибрирующий слой (МВС). В результате происходит интенсивное псевдокипение шлама, и на дно камеры осыпается абразив, который удаляется на выгрузку транспортёрной лентой.

Чистоту получаемого металлического порошка, то есть эффективность процесса сепарации, определяли по методу нерастворимого остатка ГОСТ16412.8-70.

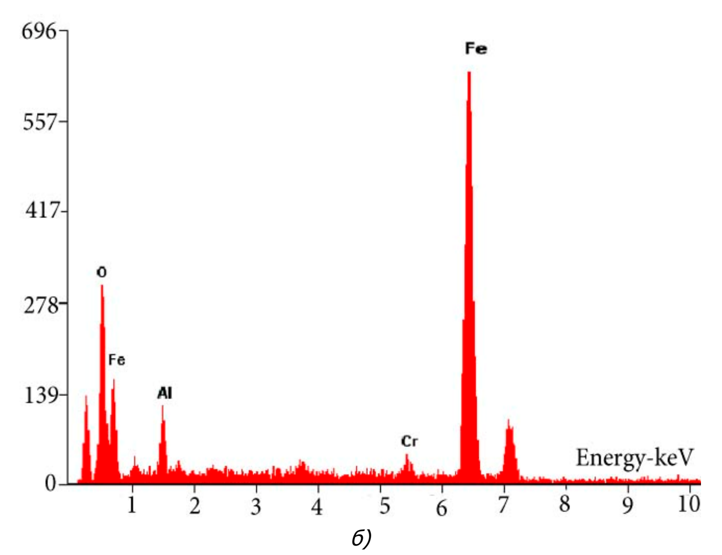
Приведённые на рис. 3, *а*, *б*, *в* гистограммы и таблицы получены при помощи растрового микроскопа с рентгеновским анализатором, который позволяет определить процентное соотношение элементов в изучаемой области порошка. На рис. 3, *а* представлены составляющие исходного шлама. Проведённый анализ показал, что содержание абразива в шламе составляет примерно 6—10 % массовых. В дальнейшем это подтвердилось при проверке шлифовального шлама на нерастворимый остаток. Элементный состав, полученный после обезжиривания и сушки, приведён на рис. 3, *б*.

Из сравнения рис. 3, *а* и 3, *б* следует очевидный вывод, что элементный состав меняется незначительно. Более существенно изменяет элементный состав операция измельчения (рис. 3, *в*).



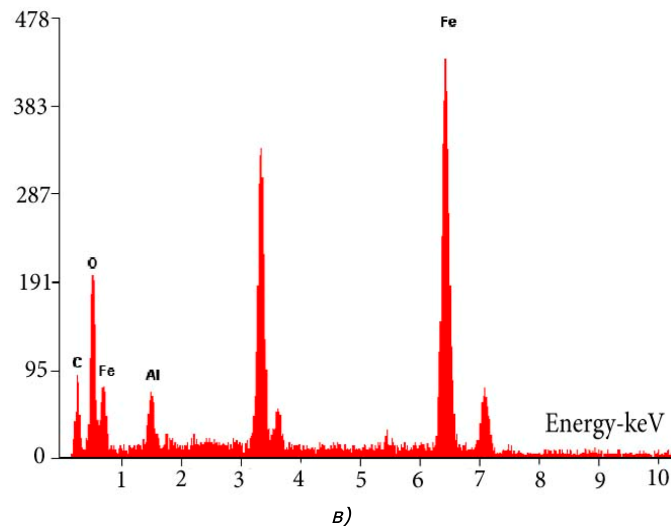
Element	Wt %	At %
C	32,77	47,82
O	36,16	39,61
Al	08,39	05,45
Fe	22,68	07,12

а)



Element	Wt %	At %
O	32,15	59,27
Al	08,59	09,39
Cr	01,21	00,69
Fe	58,05	30,66

б)



Element	Wt %	At %
C	31,29	48,34
O	33,12	38,42
Al	03,98	02,74
Fe	31,60	10,50

в)

Рис. 3. Гистограмма элементного распределения составляющих шлама: исходного *(а)*; после операции обезжиривания и сушки *(б)*; после операции измельчения *(в)*

Было исследовано влияние индукции постоянного поля, градиента индукции переменного поля и времени сепарации на процесс разделения магнитного и немагнитного компонентов шлифовальных шламов стали ШХ15 ОАО «10-ГПЗ».

На рис. 4 представлены зависимости относительной массы отделившегося абразива от градиента индукции переменного поля при различных значениях времени сепарации. Данные графиков свидетельствуют о том, что эта зависимость выше на отрезке изменения градиента индукции поля пермеаметра от 0,450 до 0,540 Тл/м. Этот участок характеризуется слабым кипением, но даже при данных параметрах магнитных полей слабо связанный абразив отделяется. Далее наблюдается снижение массы отделившегося абразива (0,540—0,610 Тл/м), которое объясняется неустойчивым режимом магнитоожижения шлама и влиянием процесса агломерации его частиц на отделение абразива.

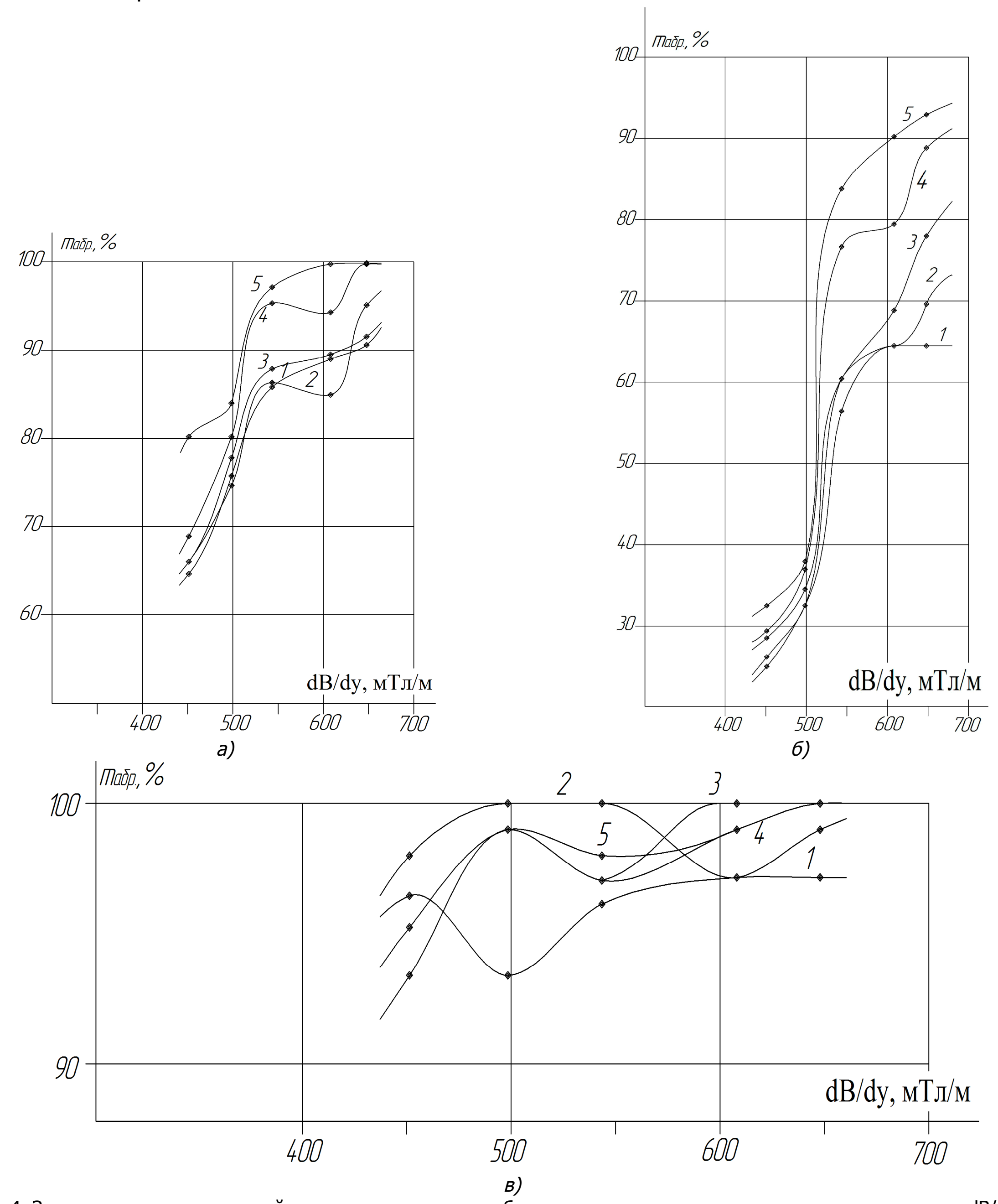


Рис. 4. Зависимость относительной массы отделившегося абразива от градиента индукции поля пермеаметра dB/dy при индукции постоянного поля B_c = 36 мТл. Время сепарации 150 с *(а)*, 300 с *(б)*, 600 с *(в)*

Увеличение времени сепарации повышает её эффективность в интервале градиента индукции поля от 550 мТл/м до 610 мТл/м. Экспериментально установлено, что при слабом псевдокипении шлифовального шлама в металлическом порошке остаётся не отделившимся примерно 10 % абразива.

Расчётная модель. Полученные экспериментальные результаты можно объяснить в рамках кластерной модели псевдокипения дисперсных систем [5]. Тонкодисперсные порошки магнитожёстких материалов в состоянии свободной насыпки стремятся к образованию разновеликих агломератов. Теоретические расчёты магнитостатического взаимодействия одинаковых намагниченных шаров в приближении плоских структур указывают на возможность появления при высоких концентрациях дисперсной фазы гексагональных агломератов, обладающих отличной от нуля спонтанной намагниченностью [6]. Магнитные моменты кластеров невелики из-за частичного замыкания магнитных потоков частиц кластеров.

Можно сделать следующие предположения.

1. Диссипация энергии в магнитокипящей дисперсной фазе компенсируется подкачкой энергии из магнитного поля.

2. Приращением $\vec{P}_m$ в переменном магнитном поле пренебрегаем и считаем магнитный момент агрегата постоянным.

3. Повышение индукции магнитного поля способствуют повышению устойчивости агрегата к внешним воздействиям — его разрушение эффективно лишь при малых значениях индукции магнитного поля.

4. Значение градиента индукции переменного поля вдоль оси *OY* существенно превышает значения градиента вдоль любого другого направления (рис. 5).

5. Взаимодействие агломератов подчиняется законам сухого трения.

При действии на порошок переменным магнитным полем с определёнными параметрами происходит кажущееся изменение коэффициента сухого трения. Этот эффект является аналогом более простого виброреологического эффекта [5].

Рассмотрим два агломерата, отличающихся размерами и удерживаемых друг относительно друга силой магнитостатического взаимодействия *F* (рис. 5). Предположим, ориентация агломератов такова, что сила тяжести *G* параллельна поверхности их касания. Со стороны неоднородного переменного поля на агломерат действует гармоническая сила F_v, коллинеарная *G.*

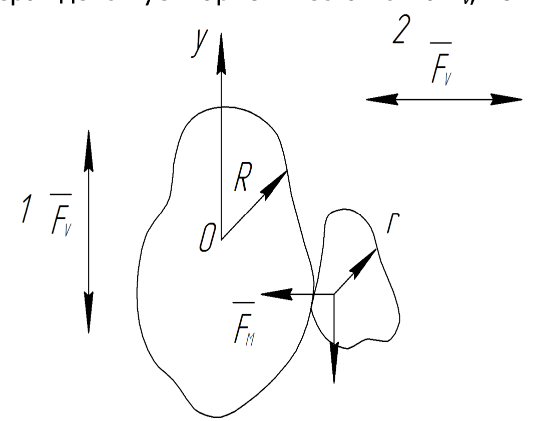


Рис. 5. Модель разрушения агрегата из частиц шлама. Здесь $\vec{F}_V = \vec{F}_0 \sin \omega t$; $\vec{F}_0 = P_m \frac{\partial B}{\partial y} \cos \varphi$, где φ — угол между вертикальной осью и магнитным моментом P_m малого агломерата, $\frac{\partial B}{\partial y}$ — изменение индукции магнитного поля вдоль вертикальной оси

Агрегат большего размера обладает большей инерционностью и при малых амплитудах F_0 или достаточно больших частотах воздействия ω не успевает за изменением поля. Малый агрегат начнёт перемещаться относительно большого, если выполняется условие [7]

$$\vec{G} = f_1\vec{F}_m - \vec{F}_0,$$

где f_1 — коэффициент трения покоя.

Коэффициент трения взаимодействующей пары агломератов шлама для случаев вертикальной и горизонтальной ориентации переменной силы, обозначенных на рис. 5 цифрами 1 и 2, равен

$$f_{(1)} = \frac{G}{F_m} = f_1\left[1 - \frac{F_0}{f_1F_m}\right],\ f_{(2)} = f_1\left[1 - \frac{F_0}{F_m}\right]. \quad (1)$$

Сила магнитостатического взаимодействия пары агрегатов в рамках диполь-дипольного приближения [8] определяется выражением:

$$F_m = \frac{\mu_0 P_1 P_2}{4\pi rR\left(r+R\right)^2}, \quad (2)$$

где P_1 и P_2 — магнитные моменты большого и малого агрегатов соответственно; r, R — эквивалентные размеры малого и большого агрегата; μ — магнитная постоянная.

Учитывая, что градиент индукции переменного поля направлен вдоль вертикальной оси, а также выражения (1) и (2), запишем:

$$f_{(1)} = f_1\left[1 - \frac{4\pi rR\left(r+R\right)^2}{\mu_0 f_1 P_m}\frac{\partial B}{\partial y}\cos\varphi\right]. \quad (3)$$

Если гармоническая сила перпендикулярна G (случай 2, рис. 5), то эффективный коэффициент сухого трения определяется таким же выражением, за исключением множителя f в квадратной скобке. Соотношение (3) имеет смысл до тех пор, пока эффективный коэффициент трения остаётся положительным. При больших градиентах индукции поля происходит кажущееся изменение характера трения. При этом принято считать, что эффективные коэффициенты сухого трения обращаются в нуль [9]. Последнее позволяет из (3) оценить значение градиента индукции поля, при котором происходит кажущийся переход трения из сухого в вязкое:

$$\frac{\partial B}{\partial y} \geq \frac{\mu_0 f_1 P_m}{4\pi rR\left(r+R\right)^2\cos\varphi}. \quad (4)$$

Поведение дисперсной системы при этом определяется наличием кажущегося внутреннего вязкого трения [5].

Неоднородность переменного поля усиливает процессы ориентации магнитных моментов агрегатов в направлении индукции поля [10], что приводит к возникновению упорядоченного движения порошка в этом направлении. Однако при дальнейшем повышении градиента индукции структура ферромагнитного порошка меняется — она представляет собой агрегаты вытянутой формы с преимущественной ориентацией магнитных моментов вдоль силовых линий поля (магнитные струны). Магнитокипение порошка будет устойчивым, если удельная энергия диссипации станет равной удельной энергии, подводимой от переменного поля. Отсюда следует наличие оптимальных масс насыпок при заданных условиях, а также возможность срыва магнитокипения при больших массах. Увеличение размеров агрегатов приводит к снижению граничного значения градиента индукции переменного поля, соответствующего кажущемуся переходу в порошке к вязкому трению. Это совпадает с выводами, следующими из анализа соотношения (4).

Области применения. Следует отметить возможные области применения продуктов сепарации шлифовального шлама [11]:

1) сырьё для порошковой металлургии,

2) использование металлической части шлама в качестве наполнителя,

3) производство окатышей для металлургического производства,

4) в электрометаллургическом производстве,

5) в промышленных строительных материалах (производство керамзита),

6) производство пористых изделий методами конденсаторной сварки,

7) производство монолитных изделий методами высокотемпературной гидроэкструзии,

8) производство монолитных изделий с использованием энергии взрыва,

9) в качестве добавки при производстве наплавочных электродов,

10) использование электрокорунда в качестве возврата для производства абразивного инструмента и как антипригарное облицовочное покрытие в литейном производстве.

Восстановленный из шлифовального шлама абразив может применяться в литейном производстве в качестве огнеупорного облицовочного материала одноразовых форм для литья по выплавляемым моделям [12]. Проведённые исследования показали, что использование в этом случае электрокорунда, полученного сепарацией шлифовального шлама, не ухудшает качество отливок. Следовательно, он может заменить собой дорогостоящий абразив.

Для исследования влияния сепарированной стали ШХ15 на свойства наплавленного металла была изготовлена партия сварочных электродов УОНИ-13/55. Их исследование показало, что применение в составе покрытия электродов стального порошка, полученного сепарацией шлифовального шлама стали марки ШХ15, повышает пластические свойства наплавленного металла.

Выводы.

1. Предложена последовательность операций технологического процесса сепарации шламов шлифовального производства в неоднородном магнитном поле, позволяющая получать продукты переработки высокого качества.

2. Разработана конструкция блока разделения магнитной и немагнитной фракций, а также приведены основные элементы магнитовибрационного сепаратора.

3. Разработана методика выбора оптимальных режимов электромагнитного поля, обеспечивающих интенсификацию процесса разрушения агломератов шлама и, как следствие, повышение качества продуктов сепарации. Расчётная модель позволяет определить интервал градиента индукции магнитного поля, при котором происходит разрушение конгломерата шлифовального шлама.

4. Металлическая составляющая шлама использована в качестве компонента обмазки высококачественных электродов УОНИ-13/55 для дуговой сварки. Абразив, полученный из шлама шлифовального производства, использован в качестве облицовочного материала форм для литья по выплавляемым моделям.

Библиографический список

1. Кипарисов, С. С. Проблемы получения порошков и изделий из них с использованием в качестве сырья стружковых отходов / С. С. Кипарисов, О. В. Падалко // Порошковая металлургия. — 1979. — № 9. — С. 56–65.

2. Порошковая металлургия / ВИНИТИ. — Москва : ВИНИТИ, 1983. — Т. 1. — С. 35–39. — (Итоги науки и техники).

3. Pelletising waste materials: патент 2042376 (Англия) В22Г 9/00 / Haspel D. W.; British Steel Corp.

4. Procédé de recuperation et composants des bouers d'opérations de rectification et dispositif de mis et oeuvre: заявка 2419318 (Франция) В08В 11/00 / Centro Ricerche Fiat SpA.

5. Членов, В. А. Виброкипящий слой / В. А. Членов, Н. В. Михайлов. — Москва : Наука, 1972. — 146 с.

6. Свиридов, М. М. Текучесть сыпучего материала / М. М. Свиридов, В. П. Таров, И. Н. Шубин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 1999. — Т. 5, № 4. — С. 55.

7. Макаров, Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. — Москва : Машиностроение, 1973. — 216 с.

8. Вернигоров, Ю. М. Магнитовибрационная технология производства порошковых магнитов : дис. … д-ра техн. наук / Ю. М. Вернигоров. — Ростов-на-Дону, 1995. — С. 69.

9. Генкин, В. А. Исследование спечённого фрикционного материала на основе порошка подшипниковой стали / В. А. Генкин, В. Н. Гурленя, А. А. Дмитрович // Порошковая металлургия. — 1982. — № 6. — С. 58–61.

10. Болога, М. К. Некоторые особенности магнитоожижения дисперсных систем / М. К. Болога, С. В. Сюткин // Магнитная гидродинамика. — 1981. — № 4. — С. 3–4.

11. Плотников, Д. М. Повышение качества изделий из порошковых материалов за счёт использования магнитовибрационной технологии сепарации шлифовальных шламов подшипникового производства : автореф. дис. … канд. техн. наук / Д. М. Плотников. — Новочеркасск, 2009. — С. 4–7.

12. Вернигоров, Ю. М. Применение электрокорунда, полученного магнитовибрационной сепарацией шлама шлифовального производства / Ю. М. Вернигоров, Д. М. Плотников // Мат-лы V Междунар. конф. по высоким технологиям и фундаментальным исследованиям. — Харьков, 2008. — С. 42–47.

Материал поступил в редакцию 06.06.2012.

References

1. Kiparisov, S.S., Padalko, O.V. *Problemy polucheniya poroshkov i izdeliy iz nikh s ispolzovaniyem v kachestve syrya struzhkovykh otkhodov.* [Problems of powder and powder products formation using chip waste as raw stock.] *Poroshkovaya metallurgiya*, 1979, no. 9, pp. 56–65 (in Russian).

2. *Poroshkovaya metallurgiya.* [Powder metallurgy.] Moscow: VINITI, 1983, vol. 1, pp. 35–39 (*Itogi nauki i tekhniki*) [Science and engineering results] (in Russian).

3. Haspel D.W.; British Steel Corp. Pelletising waste materials: Patent 2042376 England V22G 9/00.

4. Centro Ricerche Fiat SpA. Procédé de recuperation et composants des bouers d'opérations de rectification et dispositif de mis et oeuvre : application 2419318, France B08B 11/00.

5. Chlenov, V.A., Mikhaylov, N.V. *Vibrokipyashchiy sloy.* [Vibrated fluidized bed.] Moscow: Nauka, 1972, 146 p. (in Russian).

6. Sviridov, M.M., Tarov, V.P., Shubin, I.N. *Tekuchest sypuchego materiala.* [Discrete material flow.] *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universita*, 1999, vol. 5, no. 4, p. 55 (in Russian).

7. Makarov, Y.I. *Apparaty dlya smesheniya sypuchikh materialov*. [Discrete material mixers.] Moscow: Mashinostroyeniye, 1973, 216 p. (in Russian).

8. Vernigorov, Y.M. *Magnitovibratsionnaya tekhnologiya proizvodstva poroshkovykh magnitov : dis. … d-ra tekhn. nauk.* [Magnetovibration production engineering of powder magnets: Dr. tech. sci. diss.] Rostov-on-Don, 1995, p. 69 (in Russian).

9. Genkin, V.A., Gurlenya, V.N., Dmitrovich, A.A. *Isssledovaniye spechennogo friktsionnogo materiala na osnove poroshka podshipnikovoy stali.* [Study on frictional sintered material based on bearing steel powder.] *Poroshkovaya metallurgiya*, 1982, no. 6, pp. 58–61 (in Russian).

10. Bologa, M.K., Syutkin, S.V. *Nekotoryye osobennosti magnitoozhizheniya dispersnykh sistem.* [Additional properties of dispersion systems magnetofluidization.] *Magnitnaya gidrodinamika*, 1981, no. 4, pp. 3–4 (in Russian).

11. Plotnikov, D.M. *Povysheniye kachestva izdeliy iz poroshkovykh materialov za schet ispolzovaniya magnitovibratsionnoy tekhnologii separatsii shlifovalnykh shlamov podshipnikovogo proizvodstva: avtoref. dis. … kand. tekhn. nauk.* [Powder products upgrading through magnetovibrating separation technology of grinding sludge of bearing manufacture: Cand. tech. sci. diss., author's abstract] Novocherkassk, 2009, pp. 4–7 (in Russian).

12. Vernigorov, Y.M., Plotnikov, D.M. *Primeneniye elektrokorunda, poluchennogo magnitovibratsionnoy separatsiyey shlama shlifovalnogo proizvodstva.* [Electrocorundum application resulted through magnetovibrating sludge separation of grinding manufacture.] *Materialy V Mezhdunarodnoy konferentsii po vysokim tekhnologiyam i fundamentalnym issledovaniyam*. [Proc. 5th Int. Conf. on high tech and fundamental studies.] Kharkov, 2008, pp. 42–47 (in Russian).

FEATURES OF MAGNETOVIBRATING TECHNOLOGIES OF SLIME SEPARATION IN GRINDING MANUFACTURE

Y. M. Vernigorov, D. M. Plotnikov, N. N. Frolova
(Don State Technical University)

The metal recovery goes from 0,4 up to 0,95 under the machine waste reclamation by the powder metallurgical techniques. Energy costs on the article production de-crease. Under separating the slime produced in steel parts grinding, the promising approach is the liquefaction of dispersed ferromagnetic materials in the magnet field. In the nonuniform electromagnetic field, slime conglomerates holding the abrasive are effectively failing with the result that a qualitative splitting of magnetic and nonmagnetic slime fractions is possible. The mechanism and basic blocks of the magnetovibrating technology of the swarf separation for the bearing manufacturing are described. The determination technique of the magnetic fields optimum performance, when the effective splitting of the magnetic and nonmagnetic slime fractions is conducted, is resulted. The quoted simulation model allows define a gradient interval of the variable magnetic field induction at which the grinding slime conglomerates fail. The abrasive separated from slime was used through the investment casting. The slime metal component was used in the process of electrode coating for arc welding.

Keywords: *separation, grinding sludge, magnetovibrating layer, lubricant cooling liquid separation, magnetic field.*

УДК 621.313+06

Сигнализатор напряжения как средство повышения безопасности труда

Ю. И. Жарков, С. Д. Мрыхин, Д. С. Мрыхин, Е. П. Фигурнов
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Описывается дистанционный сигнализатор напряжения — устройство, разрабатываемое для обнаружения опасного напряжения на конкретном рабочем месте, в высоковольтных блоках питающего напряжения, в электротяговых и контактных сетях. Приведена схема дистанционного сигнализатора напряжения для высоковольтного оборудования переменного тока. Сигнализатор не требует батарейного блока питания, прост в использовании и позволяет бесконтактно обнаруживать опасное напряжение, проверять и обнаруживать провод высокого и опасного напряжения, обнаруживать остаточное или наведённое напряжение. Дистанционный сигнализатор использует антенну, разработанную таким образом, чтобы обнаруживать электрическое излучение в данной области в возбуждённых проводниках. Электрическое излучение увеличивается с ростом напряжения, но уменьшается с увеличением расстояния. Когда электрическая область обнаружена или есть перемещение к электрическому устройству под высоким напряжением, сигнализатор начинает производить звуковые и световые сигналы.
Ключевые слова: *безопасность труда, защитные средства, высоковольтные установки, сигнализатор опасного напряжения.*

Введение. Обеспечение безопасности труда лиц, связанных с обслуживанием и ремонтом линий электропередач, контактных сетей, высоковольтных электроустановок является важной задачей, так как уровень электротравматизма в хозяйстве электроснабжения высок [1]. Все случаи электротравматизма свидетельствуют о нарушении основных требований безопасности: «отключи, проверь отсутствие напряжения, заземли».

Безопасность работ повышается при использовании, в том числе, дополнительных защитных средств. К таким средствам, в частности, относятся индивидуальные устройства, сигнализирующие о наличии или отсутствии высокого напряжения на тех частях электроустановки, на которых требуется выполнять какие-либо работы или приближаться к ним.

Сигнализатор индивидуального пользования должен быть компактным, не мешать работе обслуживающего персонала электроустановки, быть надёжным и стабильным. Последнее требование особенно относится к источникам питания сигнализатора, параметры и работа которого не должны зависеть от атмосферных условий, температуры окружающей среды и длительности рабочей смены. Надёжность и стабильность существенно повышаются, если для работы сигнализатора специальный источник питания не нужен. Такой сигнализатор для электроустановок переменного тока описан в [2]. В качестве источника питания используется энергия электрического поля высоковольтной электроустановки. Однако, сигнализатор [2] работает ненадёжно и нестабильно, что ограничивает его применение в электроустановках. Для производственных условий требуется сигнализатор, который работает надёжно и стабильно.

Основная часть. Проведём анализ устройства [2]. Оно содержит антенну и корпус, в котором размещены выпрямитель и подключённые к нему со стороны выпрямленного тока сигнальный блок, блок индикации и конденсатор. При этом конденсатор включён параллельно сигнальному блоку и блоку индикации, соединённым последовательно, а со стороны переменного тока один из выводов выпрямителя подключён к антенне, а другой — к корпусу. Сигнальный блок выполнен в виде элемента (прибора) с *S*-образной вольтамперной характеристикой.

При приближении антенны устройства к частям электроустановки, находящимся под высоким напряжением, за счёт разности потенциалов между антенной и корпусом, конденсатор начи-

нает заряжаться выпрямленным ёмкостным током. Когда напряжение на конденсаторе достигнет заданного уровня, срабатывает сигнальный блок и конденсатор разряжается на контур, состоящий из соединённых последовательно сигнального блока и блока индикации. Сигнальный блок закрывается и конденсатор начинает снова заряжаться. Периодический разряд конденсатора (с периодичностью от одного разряда за несколько периодов частоты переменного тока высоковольтной установки до нескольких разрядов за один период) вызывает протекание импульсов тока через блок индикации. Если этот блок выполнен в виде громкоговорителя, зуммера, звонка и т. п., то протекающие через него импульсы тока разряда конденсатора вызывают звучание. Возникновение звучания является признаком опасного приближения к высоковольтной электроустановке.

Недостатком устройства является нестабильность, приводящая к изменению расстояния до электроустановки, на котором оно срабатывает. Нестабильность обусловлена тем, что срабатывание устройства зависит от разности потенциалов, наведённых в антенне и на корпусе, при этом потенциал корпуса не зафиксирован. Потенциал антенны увеличивается с ростом напряжения электроустановки, но уменьшается с увеличением расстояния до возбуждённого проводника, создающего электрическое излучение. Если корпус устройства находится в руке, то потенциал корпуса зависит от наличия перчаток (зимой) и свойств обуви.

Надёжность может быть увеличена за счёт снижения числа элементов устройства, присоединённых к выпрямителю, а стабильность может быть повышена путём фиксации потенциала металлического корпуса устройства с помощью заземлителя.

Предлагается устройство, у которого повышена стабильность срабатывания и надёжность.

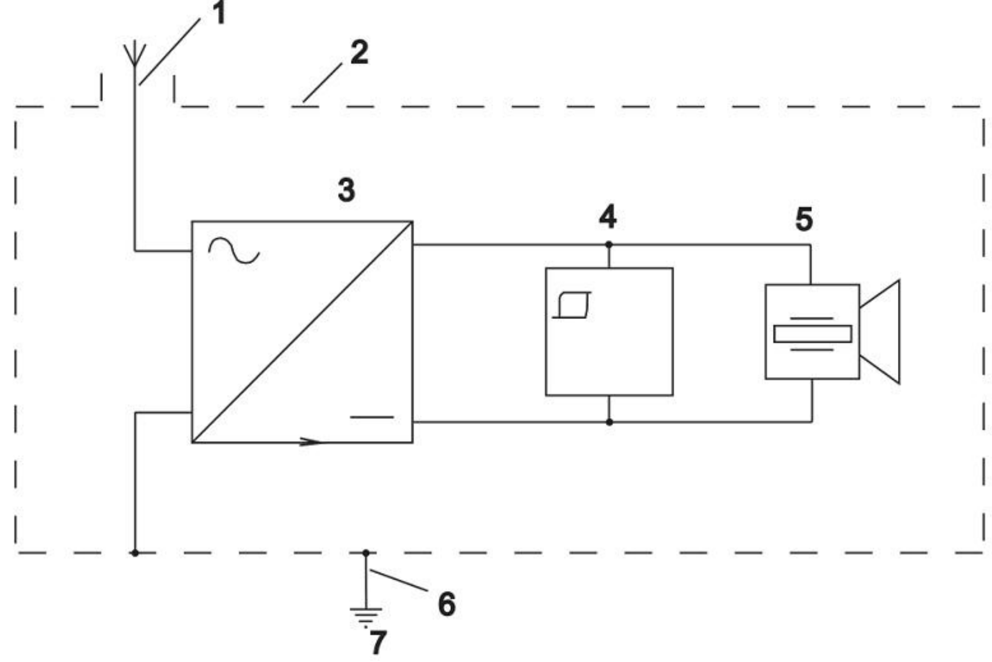


Рис. Схема устройства сигнализатора опасного приближения к электроустановкам

Схема устройства изображена на рисунке, где приняты следующие обозначения: 1 — антенна; 2 — корпус; 3 — выпрямитель; 4 — пороговый элемент; 5 — блок индикации (пьезоэлектрический звуковой преобразователь); 6 — заземлитель; 7 — земля.

Блок 5 выполняется в виде пьезоэлектрического звукового преобразователя, например, телефона, громкоговорителя, или другого известного пъезоакустического прибора. Элемент 7 выполняется в виде гибкого проводника с заострённым штырём на одном из концов для вдавливания в землю или с приспособлением для его крепления к металлической опоре высоковольтной

линии, рельсам железнодорожного пути, другим заземлённым конструкциям. Пороговый элемент 4, выполненный в виде газоразрядной лампы, дополнительно создаёт световую сигнализацию.

Устройство работает следующим образом.

При приближении антенны 1 к частям электроустановки, находящейся под напряжением, в антенне относительно корпуса 2 наводится переменная электродвижущая сила с частотой напряжения электроустановки, которая прикладывается к выпрямителю 3. Выпрямленный выпрямителем 3 ток заряжает естественную ёмкость пьезоэлектрического преобразователя 5 и напряжение на нём начинает возрастать. Когда это напряжение достигнет уровня срабатывания порогового элемента 4, последний открывается и ёмкость преобразователя 5 разряжается на образовавшийся при этом замкнутый контур. После разряда пороговый элемент 4 закрывается, а ёмкость пьезоэлектрического преобразователя снова начинает заряжаться и весь процесс повторяется снова. При каждом разряде ёмкости, возникающий импульс тока разряда преобразуется в пьезоэлектрическом звуковом преобразователе в звуковой сигнал, а разряд в газоразрядной лампе создаёт световые сигналы. Таким образом, при приближении к частям электроустановки, находящимся под напряжением, сигнализатор начинает издавать звуковой сигнал, состоящий из отдельных звуковых импульсов, следующих друг за другом с частотой заряда естественной ёмкости пьезоэлектрического преобразователя, и световые сигналы, чем и обеспечивается бесконтактная индикация наличия (или отсутствия) напряжения на контролируемой электроустановке.

Выводы. Предлагаемое устройство имеет простую конструкцию и фиксирует потенциал корпуса на уровне земли. Тем самым повышается стабильность работы и надёжность устройства.

Библиографический список

1. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжения за 2011 год / Управление электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД». — Москва, 2012. — 136 с.

2. Сигнализаторы высокого напряжения, размещённые в каске электромонтёра / Н. И. Азаров [и др.] // Режимы работы, диагностика и контроль устройств электроснабжения железных дорог : межвуз. темат. сб. / РИИЖТ. — Ростов-на-Дону, 1980. — Вып. 155. — С. 34–36.

Материал поступил в редакцию 02.04.2012.

References

1. *Analiz raboty khozyaystva elektrifikatsii i elektrosnabzheniya za 2011 god. Upravleniya elektrifikatsii i elektrosnabzheniya Tsentralnoy direktsii infrastruktury – filiala OAO «RZhD».* [Job analysis of electrification and power supply unit for 2011. Electrification and power supply administration of the Central infrastructure directorate – OJSC "RR" branch.] Moscow, 2012, 136 p. (in Russian).

2. Azarov, N.I., et al. *Signalizatory vysokogo napryazheniya, razmeshchennyye v kaske elektromontera.* [High pressure indicators on electrician's hat.] *Rezhimy raboty, diagnostika i kontrol ustroystv elektrosnabzheniya zheleznykh dorog: mezhvuz. temat. sb. / RIIZhT.* [Operations, diagnostics, and control of railways power supply facilities: interuniversity subject collection. RIRTE.] Rostov-on-Don, 1980, iss. 155, pp. 34–36 (in Russian).

VOLTAGE ANNUNCIATOR AS SECURITY-ENHANCING FACILITY

Y. I. Zharkov, S. D. Mrykhin, D. S. Mrykhin, E. P. Figurnov
(Rostov State Transport University)

The remote voltage annunciator – the device developed for detecting dangerous voltage at the specific workplace, in the high voltage supply units, in the electric traction networks, and catenaries – is described. The remote voltage annunciator scheme for the high-voltage AC-operated equipment is described. The annunciator needs no battery power supply block, is easy-to-use, and allows noncontacting detecting dangerous voltage, checking and detecting a high and dangerous voltage cable, determining residual and induced voltage. The remote annunciator uses the antenna designed to detect the radiated electrical field in the energized conductors. The electric radiation increases with the voltage growth, but lowers with the distance increase. When an electrical field is detected, or there is some motion towards the high-voltage current-carrying device, the annunciator starts to perform sound and light alarms.
Keywords: *labour safety, means of protection, high-voltage units, dangerous voltage annunciator.*

УДК 004.65

Адаптивный нечёткий алгоритм кэширования для прокси-серверов

А. И. Жуков
(Донской государственный технический университет)

Рассматривается проблема увеличения эффективности кэш-систем за счёт использования методов искусственного интеллекта. Приведена формализованная постановка задачи повышения эффективности систем кэширования с использованием теоретико-множественного математического аппарата. Рассмотрена технология применения системы нечёткого вывода для определения объекта-жертвы, реализующая вычисление кэш-рейтинга объектов, сохранённых в кэш-памяти. В качестве одной из базовых характеристик web-ресурса, подаваемых на вход системы нечёткого вывода, впервые предложено использовать его пространственную локальность, определение которой основано на унифицированном идентификаторе web-ресурса URI. Определён способ выполнения адаптации нечёткой системы посредством синтеза лингвистической модели с использованием метода нечёткой кластеризации, а также приведены результаты экспериментального исследования разработанного алгоритма на имитационном стенде для трасс, полученных с использованием кэширующего прокси-сервера Squid.
Ключевые слова: *кэш-система, система нечёткого вывода, нечёткая кластеризация, адаптивная система кэширования.*

Введение. Растущая популярность web-технологий и Интернета позволили пользователям всего мира обмениваться большим числом данных, среди которых: страницы с электронным контентом, фото и видео материалы, документы различных форматов и размеров. Ещё в 1999 году размер файла в пятьдесят мегабайт назывался исследователями web-систем и прокси-серверов «экстремально большим» («extremely large object») [1], а сегодня ежедневно пользователи имеют возможность скачивать с различных серверов фильмы, размер каждого из которых составляет несколько гигабайт. Увеличение быстродействия web-систем, несомненно, связано с увеличением производительности аппаратного обеспечения, ростом числа серверов в глобальной паутине, появлением новых web-технологий и совершенствованием протоколов передачи данных. Однако человеческая природа постоянно требует всё более скоростных методов доступа к информации с меньшими временными задержками. В этом смысле использование кэширования в web-системах является одним из способов увеличения производительности, который, благодаря универсальности, может быть применён на различных уровнях функционирования web-систем [2, 3].

Одно из важнейших звеньев в реализации запроса конечного пользователя к оригинальному web-серверу с данными — это кэширующий прокси-сервер, предназначенный для выполнения косвенных запросов клиентов к другим серверам или сетевым службам. Применение кэширования на прокси-сервере позволяет [4]:

- увеличить производительность серверов, функционирующих в рамках сетевой информационной системы, так как кэш-система будет удовлетворять часть запросов и в результате сервер сможет обслуживать большее число запросов в единицу времени;
- уменьшить среднее значение времени ожидания пользователем запрошенных данных;
- уменьшить нагрузку на локальные и глобальные сети за счёт применения кэширования на локальных уровнях;
- перераспределить нагрузку между различными центрами обработки информации единой системы за счёт перенаправления кэш-запросов на системы с меньшей загрузкой.

Ключевым звеном системы кэширования является алгоритм кэширования, который на базе явно или неявно представленного кэш-рейтинга объектов системы определяет, какие объекты

должны быть вытеснены из кэш-памяти при её переполнении. Вытесняемый из кэш-памяти объект, т. е. объект с минимальным рейтингом, называют *жертвой*. Определение жертвы — задача стратегии замещения.

В последнее время наблюдается рост популярности применения известных технологий и методов искусственного интеллекта в различных прикладных задачах [5]. В работах [6, 7] представлено семейство *нечётких алгоритмов замещения* (англ. *fuzzy algorithm replacement*), разработанных для применения в системах web-кэширования. Несмотря на нашедшую отражение в этих работах эффективность нечётких стратегий, представленные алгоритмы имеют существенные недостатки:

- необходимость предварительного анализа потока запросов к кэш-системе для формирования базы правил;
- невозможность адаптации кэш-системы к изменениям законов распределения вероятностей доступа к объектам, происходящим в трассе.

В данной работе определён метод разработки адаптивной системы кэширования на базе нечёткой стратегии замещения с использованием системы нечёткого вывода (СНВ), а также модуля адаптации на базе нечёткой кластеризации для синтеза лингвистической модели.

Постановка задачи. Сформулируем математическую постановку решаемой научной задачи. Для этого введём в рассмотрение некоторые понятия.

Пусть R — множество алгоритмов кэширования (англ. *replacement algorithm*):

$$R = \{A_1, A_2, \ldots, A_r\}, \tag{1}$$

где A_i — представляет i-й алгоритм из множества R, определённый в соответствии с математической моделью абстрактной одноуровневой кэш-системы [8]; r — мощность множества R, т. е. число алгоритмов принадлежащих множеству ($r = |R|$).

Пусть $\varpi(N, t, T)$ — случайная функция, результатом которой является случайная трасса ω, соответствующая модели потока запросов [8] и составленная из T идентификаторов r_i объектов системы $(r_i \in N)$, полученных начиная с момента времени t:

$$\omega = (r_1, r_2, \ldots, r_T). \tag{2}$$

В общем случае ω является элементарным исходом случайного процесса и принадлежит пространству элементарных событий Ω_T $(\omega \in \Omega_T)$, которое включено в T-ую Декартову степень множества идентификаторов объектов системы:

$$\Omega_T \subseteq N^T, \tag{3}$$

где N — множество идентификаторов объектов системы.

Введём в рассмотрение отображение ϕ, определяющее случайное положительное рациональное число ρ, которое представляет значение рейтинга кэш-попаданий (англ. *hit-ratio*), полученное для кэш-памяти объёма M, с использованием алгоритма кэширования A_i и случайной трассы длинной T, полученной для множества идентификаторов объектов системы N, начиная с момента времени t:

$$\phi(A_i, M, \varpi(N, t, T)) = \rho, \tag{4}$$

$$\phi : R \times \mathbb{N} \times \Omega_T \to \mathbb{R}+, \tag{5}$$

где R — множество алгоритмов кэширования (1); Ω_T — множество случайных трасс длины T; $\mathbb{N}$ — множество натуральных чисел; $\mathbb{R}+$ — множество положительных рациональных чисел.

В общем случае требуется реализовать такой алгоритм кэширования A, который в среднем обеспечивает наибольший рейтинг кэш-попаданий для заданного объёма кэш-памяти, множества

объектов системы и их идентификаторов, на всех трассах длинны T, т. е. решить задачу стохастического программирования с моделью ожидаемого среднего значения (*expected value model* — EVM) [9]:

$$\max_{A \in R} E\left(\phi\left(A, M, \varpi\left(N, t, T\right)\right)\right), \tag{6}$$

где $E(\bullet)$ — операция нахождения среднего значения.

Адаптивный нечёткий алгоритм кэширования. Вычисление кэш-рейтингов объектов в системе кэширования на базе нечёткой логики основано на системе нечёткого вывода (СНВ), структура которой представлена ниже (рис. 1).

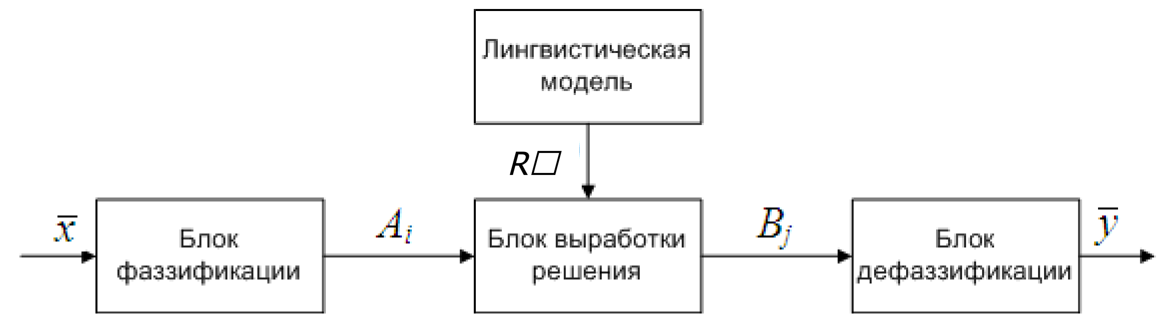


Рис. 1. Структурная схема системы нечёткого вывода

На схеме представлены следующие модули СНВ:

• блок фаззификации (англ. *fuzzification*), предназначенный для перевода параметров расчёта, представленных вектором чётких чисел $\bar{x}$, в нечёткие множества A_i для последующего использования в блоке вывода;

• блок дефаззификации, применяемый для перевода полученных нечётких множеств B_j в вектор чётких значений выходных данных $\bar{y}$;

• лингвистическая модель или база правил, представляющая множество *правил нечётких продукций*, с посылкой (A) и следствием (B) [5]:

$$R^{(k)} : A^k \to B^k, k = \overline{1, r}, \tag{7}$$

где r — число нечётких правил; k — номер правила; A^k и B^k — нечёткие множества такие, что:

$$A^k = A_1^k \times A_2^k \times \ldots \times A_n^k \quad A_i^k \subseteq X_i, \tag{8}$$

$$B^k = B_1^k \times B_2^k \times \ldots \times B_m^k \quad B_j^k \subseteq Y_j, \tag{9}$$

где X_i и Y_j — пространство входных и выходных переменных, при этом $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$;

• блок выработки решения (блок вывода), который формирует с использованием заданной базы правил на своём выходе одно или несколько нечётких множеств B, применив полученные на вход нечёткие множества A, при этом используется следующая последовательность шагов:

1. Агрегирование условий, составляющих посылку правила;
2. Активизация заключений, составляющих следствие правила;
3. Аккумуляция следствия — получение нечёткого множества (или множеств) представляющего следствие.

Рассмотрим реализацию СНВ для использования в качестве модуля расчёта кэш-рейтингов объектов в алгоритме кэширования, применяемом для web-прокси серверов. На вход СНВ подаются значения характеристик объекта системы, на выходе получаем кэш-рейтинг объекта. Используются известные характеристики объекта в трассе: дистанция последнего доступа, популярность за последнее время (частота доступов), размер объекта. Кроме того, в качестве входного

параметра впервые предлагается использовать характеристику *пространственной локальности web-ресурса*.

В традиционном смысле пространственная локальность применяется при кэшировании программных инструкций в оперативной памяти, когда близкими являются инструкции расположенные в одном блоке. Если общее *информационное пространство* web-среды рассматривать как единое множество адресов, то *близкими* с точки зрения пространственной локальности можно называть ресурсы, расположенные на одном web-сервере (либо в одной локальной сети, либо на одном прокси-сервере и т. д., в зависимости от решаемой задачи). При этом мера близости двух web-ресурсов в самом простом случае может быть установлена с использованием унифицированных идентификаторов этих ресурсов (англ. *Uniform Resource Identifier*, *URI*): например, все ресурсы, расположенные на одном доменном имени являются близкими. При этом далёкими по отношению к ним называются остальные ресурсы. Таким образом, мера близости двух web-ресурсов представляется функцией:

$$\mu(x_1, x_2) = \begin{cases} 0, u_{x_1} \text{ далек от } u_{x_2}, \\ 1, u_{x_1} \text{ близок к } u_{x_2}, \end{cases} \qquad (10)$$

где x_1 и x_2 — численные идентификаторы web-ресурсов, как объектов системы; u_{x_1} и u_{x_2} — URI web-ресурсов с идентификаторами x_1 и x_2.

Суть описываемой ситуации заключается в том, что обращение пользователя к некоторому информационному контенту web-сайта, как правило, влечёт за собой несколько параллельных асинхронных запросов к web-серверу на предоставление такой информации, как изображения, js-скрипты, таблицы стилей css и т. д. Таким образом, запрос данных с сервера подразумевает выполнение множественных запросов на получение объектов из множества *близких* ресурсов, а значит, кэш-рейтинги этих ресурсов должны быть повышены.

Для применения данного свойства в реальной системе кэширования требуется его характеризовать численным образом. Для этого введём в рассмотрение кортеж с LRU-организацией D_{uri}, составленный из адресов доменов, к которым принадлежат ресурсы, запрашиваемые в трассе:

$$D_{uri} = (d_1, d_2 ... d_n), \qquad (11)$$

где d_i — доменное имя; i — позиция имени в кортеже.

Позиция имени в кортеже характеризует новизну обращений к ресурсам данного домена: на первой позиции расположено имя, к ресурсу которого было последнее обращение, т. е. позиция в кортеже D_{uri} представляет дистанцию последнего обращения к ресурсам соответствующего доменного имени.

Таким образом, на вход блока фаззификации поступают следующие значения:

- дистанция последнего обращения к объекту в трассе (*OD — object distance*), характеризующая свойство новизны — число позиций в трассе (либо число секунд) до предыдущего обращения к объекту, а если обращение к объекту первое в трассе, то OD = −1;
- популярность объекта (*OP — object popularity*) — число обращений к объекту;
- размер объекта (*OS — object size*) — размер объекта в заданных единицах информации (например, в байтах);
- характеристику пространственной локальности объекта (*SL — spatial locality*), которая представлена позицией домена web-ресурса в кортеже D_{uri}, а если домен в кортеже ещё не представлен, то SL = −1.

Для каждого представленного значения выполняется операция фаззификации типа «синглтон» [5]. Полученные нечёткие множества подаются в блок вывода, на выходе которого регистрируется одно нечёткое множество, характеризующее *значимость* объекта для кэш-системы.

После дефаззификации данного нечёткого множества по методу центра тяжести, на выходе СНВ получаем кэш-рейтинг объекта.

Ключевым звеном описанной нечёткой системы, определяющим её функционирование, является лингвистическая модель, представленная множеством нечётких правил, которые в описанных ранее кэш-системах на базе СНВ определялись аналитически на базе известных участков трасс [6, 7]. Разработанный алгоритм реализует метод синтеза нечётких правил по результатам выполнения нечёткой кластеризации за счёт изменения функций принадлежности нечётких множеств, входящих в *посылку* правила [10]. Таким образом, представленный алгоритм кэширования на базе нечёткой логики адаптируется к изменяющимся характеристикам трассы.

Для получения входных данных процедуры кластеризации подаваемая на вход трасса объектов разбивается на участки. На каждом участке производится вычисление следующих характеристик объектов:

- оценка математического ожидания дистанции объекта (*OD*) на участке трассы;
- число обращений к объекту (*OP*) на участке;
- размер объекта (*OS*);
- оценка математического ожидания дистанции обращения к ресурсам домена (*SL*) на участке.

При этом учитываются только те объекты, число обращений к которым на участке больше некоторого заданного порогового значения T_{fuzzy} ($T_{fuzzy} > 1$). Полученные данные объединяются в векторы, подаваемые в качестве входных в процедуру кластеризации:

$$\bar{x}^t = \left(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\right), \qquad (12)$$

где x_1 — оценка математического ожидания дистанции объекта на участке t; x_2 — число обращений к объекту на участке t; x_3 — размер объекта; x_4 — оценка математического ожидания дистанции обращения к ресурсам домена на участке t; x_5 — число обращений на участке $t + 1$.

Для получения кластеров из множества полученных векторов используется алгоритм нечётких *c*-средних (англ. *Fuzzy C-Means*) [5]. При этом число кластеров устанавливается соответствующим числу желаемых правил нечётких продукций, синтез которых осуществляется по следующим правилам:

- x_1, x_2, x_3, x_4 — представляют посылку правила, x_5 — следствие правила;
- в качестве заключения правила выбирается центр соответствующего кластера;
- функции принадлежности нечётких множеств, входящих в посылку и следствие нечёткого правила, продуцируются путём проецирования степеней принадлежности соответствующего кластера на входные переменные [10].

Полученные таким образом нечёткие правила применяются в качестве базы СНВ. Число участков трассы, после которых выполняется адаптация, и размер участка являются параметрами представленного нечёткого алгоритма.

Результаты имитационного моделирования. Исследования проводились с применением имитационного моделирования на разработанном программном стенде [11]. Для проведения исследований был выбран метод событийно-регулируемого управления моделированием (англ. trace-driven simulation), а в качестве входных данных подавались трассы с прокси-сервера Донского государственного технического университета, использующего в качестве программного обеспечения популярный кэширующий сервер Squid. Трассы получены на основе журналов работы Squid в период: март-май, июль-август 2012 года. При этом для проведения экспериментов все трассы были приведены к одинаковому размеру и в них оставлены только те обращения к web-ресурсам, которые могут кэшироваться прокси-сервером. Усреднённые статистические характеристики используемых реальных трасс представлены в таблице 1.

Таблица 1

Усреднённые параметры реальных трасс, используемых в исследованиях

Параметр	Значение
длина трассы	1.000.000
% числа объектов, запрошенных единожды	73,03 % ± 3 %
% трафика объектов, запрошенных единожды	65,70 % ± 3 %
средний размер объекта	18 Кб
максимальный размер объекта	68679 Кб
минимальный размер объекта	1 Кб
общий размер трафика	10,72 Гб

При проведении экспериментов размер кэш-памяти варьировался в пределах от 10 Мб до 300 Мб. Результаты проведённых экспериментов приведены ниже (рис. 2, табл. 2).

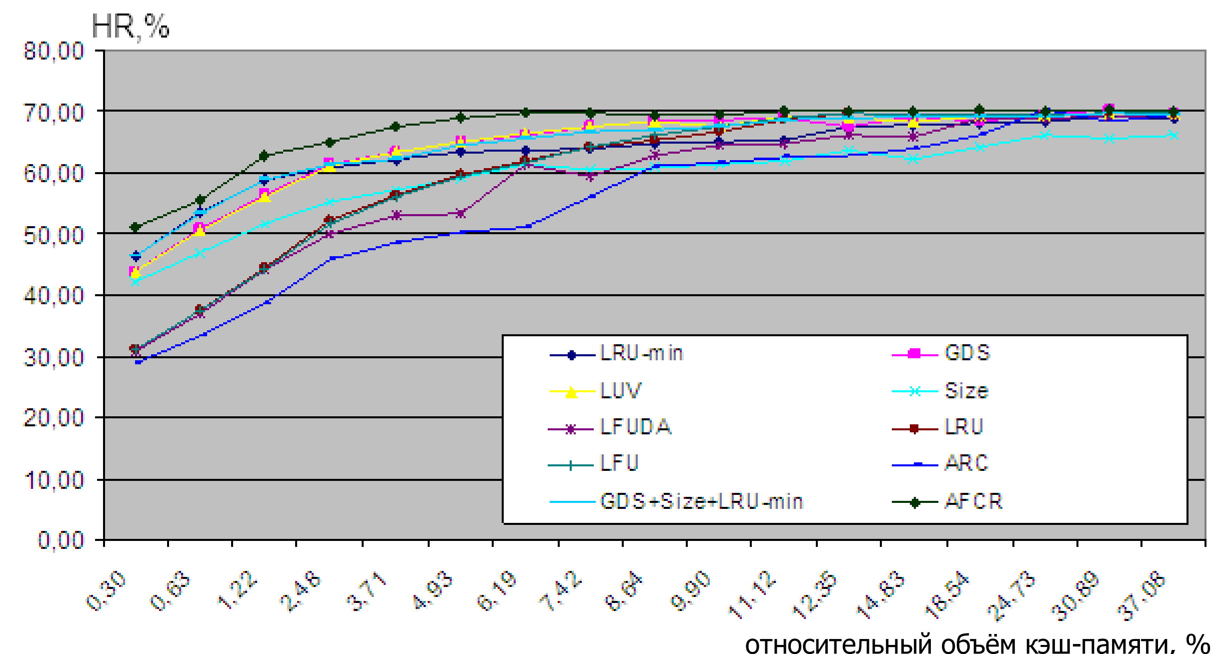


Рис. 2. Динамика изменения эффективности стратегий замещения на реальных трассах для объектов, запрошенных более одного раза

Таблица 2

Сравнение стратегий замещения на реальных трассах для объектов запрошенных более одного раза

	LFU	LRU	Size	LFUDA	LRU-min	GDS	LUV	ARC	AFCR
HR	60,350	60,347	59,201	58,209	62,288	63,492	63,355	58,236	68,031
BHR	25,139	26,363	26,845	22,358	25,213	24,101	25,213	24,842	27,809

Выводы. Разработанная специально для прокси-серверов адаптивная нечёткая стратегия замещения AFCR на имитационном стенде показала превышение значений рейтинга кэш-попаданий, как основного критерия эффективности алгоритмов кэширования, известных стратегий замещения в среднем на 8 % и с вероятностью 0,95 не менее, чем на 5 %.

Библиографический список

1. Arlitt, M. F. Performance Evaluation of Web Proxy Cache Replacement Policies / Martin Arlitt, Rich Friedrich, Tai Jin // Internet Systems and Applications Laboratory. — October, 1999.

2. Danzig, P. B. A Case for Caching File Objects Inside Internetworks / Peter B. Danzig, Richard S. Hall, Michael F. Schwartz // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. — Volume 23. — Issue 4. — 1993.

3. Yang, Q. Web-Log Mining for Predictive Web Caching. / Q. Yang, and H. H. Zhang // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. — 2003. — Volume 15. — Number 4.

4. Жуков, А. И. Использование информационных систем и технологий в целях удовлетворения информационных потребностей / А. И. Жуков, А. Г. Сорокин. — Красноярск : Научно-инновационный центр, 2012. — 68 с.

5. Рутковский, Л. Методы и технологии искусственного интеллекта / Л. Рутковский; [перевод с польского И. Д. Рудинского]. — Москва : Горячая линия — Телеком, 2010. — 520 с.

6. Calzarossa, M. C. A Fuzzy Algorithm for Web Caching [Электронный ресурс] / Maria Carla Calzarossa, Giacomo Valli. — Режим доступа: http://peg.unipv.it/publications/PDF/Proxy.pdf (дата обращения: 12.11.2012).

7. Sabeghi, M. Using Fuzzy Logic to Improve Cache Replacement Decisions / Mojtaba Sabeghi, and Mohammad Hossein Yaghmaee // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. — 2006. — Volume 6. — No. 3.

8. Жуков, А. И. Модель адаптивного векторного управления стохастическим гибридным алгоритмом кэширования / А. И. Жуков // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2012. — № 5. — С. 19–29.

9. Лю, Б. Теория и практика неопределённого программирования / Б. Лю. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 416 с.

10. Штовба, С. Д. Введение в теорию нечётких множеств и нечёткую логику / С. Д. Штовба. — Винница : Континент-Прим, 2003. — 198 с.

11. Жуков, А. И. Программный стенд для исследования эффективности алгоритмов кэширования / А. И. Жуков // Системный анализ, управление и обработка информации : Труды 1-го Международного семинара студентов, аспирантов и учёных. — Ростов-на-Дону : ИЦ ДГТУ, 2010. — С. 249–253.

Материал поступил в редакцию 14.11.2012.

References

1. Arlitt, M.F., Friedrich, R., Tai Jin. *Performance Evaluation of Web Proxy Cache Replacement Policies*. Internet Systems and Applications Laboratory, October, 1999.

2. Danzig, P.B., Hall, R.S., Schwartz, M.F. *A Case for Caching File Objects Inside Internetworks.* ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 1993, vol. 23, iss. 4.

3. Yang, Q., Zhang, H.H. *Web-Log Mining for Predictive Web Caching*. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2003, vol. 15, no. 4.

4. Zhukov, A.I., Sorokin, A.G. *Ispolzovaniye informatsionnykh sistem i tekhnologiy v tselyakh udovletvoreniya informatsionnykh potrebnostey.* [Data systems and technologies application for meeting information needs.] Krasnoyarsk: Nauchno-innovatsionnyy tsentr, 2012, 68 p. (in Russian).

5. Rutkovsky, L. [Translation from Polish by Rudinsky, I.D.] *Metody i tekhnologii iskusstvennogo intelekta.* [Methods and technologies of artificial intellect.] Moscow: Goryachaya liniya – Telekom, 2010, 520 p. (in Russian).

6. Calzarossa, M.C., Valli, G. *A Fuzzy Algorithm for Web Caching*. Available at: http://peg.unipv.it/publications/PDF/Proxy.pdf.

7. Sabeghi, M., Yaghmaee, M.H. *Using Fuzzy Logic to Improve Cache Replacement Decisions. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 2006, vol. 6, no. 3.

8. Zhukov, A.I. *Model adaptivnogo vektornogo upravleniya stokhasticheskim gibridnym algoritmom keshirovaniya.* [Model of adaptive vector control of stochastic hybrid caching algorithm.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2012, no. 5, pp. 19–29 (in Russian).

9. Liu, B. *Teoriya i praktika neopredelennogo programmirovaniya.* [Theory and Practice of Uncertain Programming.] Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2005, 416 p. (in Russian).

10. Shtovba, S.D. *Vvedeniye v teotiyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku.* [Introduction to fuzzy-set theory and fuzzy logics.] Vinnytsia: Kontinent-Prim, 2003, 198 p. (in Russian).

11. Zhukov, A.I. *Programmnyy stend dlya issledovaniya effektivnosti algoritmov keshirovaniya.* [Programmed testbed for cashing algorithm efficiency analysis.] *Sistemnyy analiz, upravleniye i obrabotka informatsii: Trudy 1-go Mezhdunarodnogo seminara studentov, aspirantov i uchenykh*. [System analysis, administration, and data processing: Proc. I Int. Seminar for students, postgraduates and scholars.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2010, pp. 249–253 (in Russian).

ADAPTIVE FUZZY CACHING ALGORITHM FOR PROXY SERVERS

A. I. Zhukov
(Don State Technical University)

The problem of increasing the efficiency of cache systems using artificial intelligence techniques is considered. The formalized statement of raising the cache effectiveness on the basis of the set-theoretic mathematical tools is described. The fuzzy logic application technology for determining the victim which implements the calculation of cache values for object in cache memory is considered. It is first offered to use spatial locality of the web-resource as one of its basic characteristics applying to the input of the fuzzy logic system. The definition of this characteristic is based on the uniform resource identifier URI. The technique for the adaptation of fuzzy systems through the synthesis of the linguistic model using the method of fuzzy clustering is defined. Besides, the experimental study of the algorithm developed on the simulation stand for traces obtained through the proxy cache Squid is resulted.
Keywords: *cache system, fuzzy logic, fuzzy clustering, adaptive caching system.*

УДК 681.3+681.5

Исследование алгоритма Крона и его модификации при различных исходных данных

В. Г. Кобак, Д. В. Титов, О. А. Золотых
(Донской государственный технический университет)

Рассматривается задача распределения множества заданий между устройствами однородной вычислительной системы по минимаксному критерию. Приводится постановка задачи, в которой подробно описываются объект исследования и принципы его функционирования. Для решения поставленной задачи предлагается использовать приближённые алгоритмы. Рассмотрены классический и модифицированный алгоритмы Крона и способы их улучшения за счёт формирования начального распределения заданий между устройствами вычислительной системы. С этой целью используются алгоритм критического пути и алгоритм Пашкеева. Для оценки эффективности полученных модификаций алгоритма Крона в работе приведены выходные значения ряда вычислительных экспериментов при различных входных параметрах. Эффективность модифицированных алгоритмов оценивалась по времени работы и отклонению полученного значения загрузки от оптимального значения. Разработаны программные средства для анализа эффективности модифицированных алгоритмов.

Ключевые слова: *алгоритм Крона, модификация алгоритма Крона, минимаксный критерий, начальное распределение, балансировка загрузки, вычислительная система.*

Введение. В настоящее время широкое распространение и развитие получили вычислительные устройства с многоядерной архитектурой процессора и многопроцессорной архитектурой. Причём такие устройства могут входить в состав многомашинных комплексов, позволяющих решать сложные задачи путём распределения вычислительного процесса между ресурсами (ядрами процессора, процессорами, узлами многомашинного комплекса). Это позволяет значительно сократить временные затраты. Однако в процессе распараллеливания вычислений может возникнуть дисбаланс в загрузке доступных вычислительных ресурсов: часть устройств может простаивать, а другая часть будет загружена на сто процентов. Это приведёт к неэффективному использованию оборудования и, как следствие, к увеличению времени решения вычислительной задачи [1]. Поэтому особую важность представляет равномерное распределение нагрузки на все вычислительные ресурсы (приборы, устройства).

Постановка задачи. Пусть имеется многомашинная вычислительная система (рис. 1), состоящая из n идентичных параллельно функционирующих устройств (ЭВМ) $P=\{p_1,\dots,p_n\}$.

В ходе работы в систему поступает m независимых заданий $Q=\{q_1,\dots,q_m\}$, которые распределяются между процессорами и обрабатываются параллельно. Причём известно время выполнения j-го задания t_j на любом из процессоров вычислительной системы, где $j=\overline{1,m}$. В каждый момент времени отдельный процессор обслуживает не более одного задания, которое не передаётся на другой процессор. Задача распределения сводится к разбиению исходного множества заданий на n непересекающихся подмножеств. Критерием разбиения, обеспечивающим оптимальность распределения по быстродействию, служит минимаксный критерий. Он определяет такое распределение заданий по процессорам, при котором время загрузки T параллельным заданием минимально.

На рис. 1 приведено схематичное изображение многомашинной вычислительной системы, на вход которой поступает множество заданий, и множество значений времени выполнения каждого задания. Необходимым условием эффективного функционирования такой системы является

равномерная загрузка всех вычислительных устройств, поэтому важную роль в такой системе играет балансировщик. Это устройство при получении входных параметров (множества заданий и множества значений времени выполнения) распределяет задания между устройствами вычислительной системы (создаёт баланс загрузки) по заданному алгоритму.

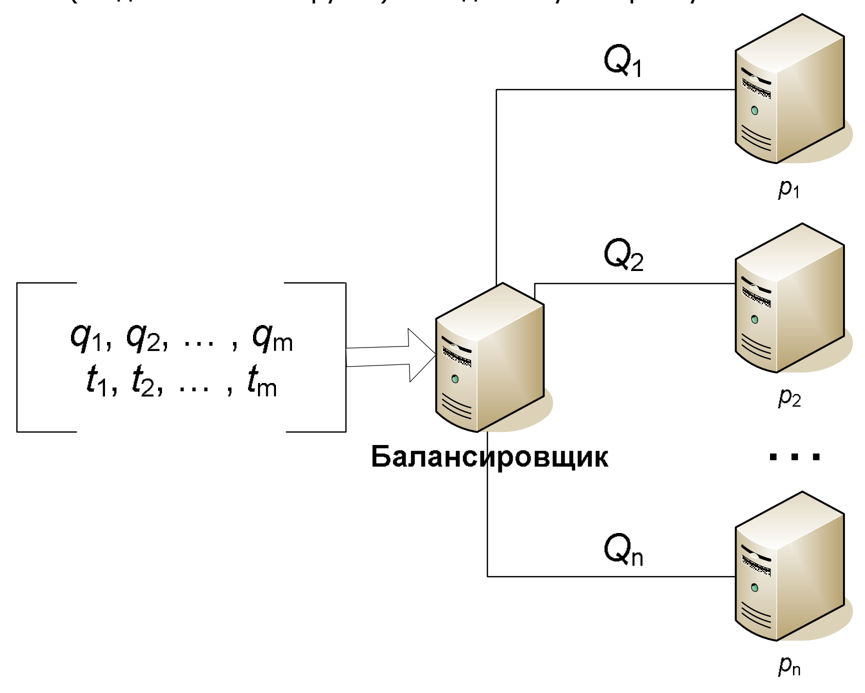


Рис. 1. Схематичное изображение многомашинной вычислительной системы

Алгоритм Крона. Для решения однородной минимаксной задачи можно использовать приближённые алгоритмы, которые позволяют получить решение, близкое к оптимальному, за меньшее время (по сравнению с точными алгоритмами).

Одним из таких алгоритмов является алгоритм Крона. Его применение обеспечивает случайное распределение множества заданий на множество приборов, вычисление времени загрузки каждого прибора $\{T_i\}$ ($i = 1, \ldots, n$) и обмен заданиями между приборами с максимальным T^{max} и минимальным T^{min} значениями из набора $\{T_i\}$ при выполнении условия

$$|q_k^{max} - q_j^{min}| < \Delta,$$

где $\Delta = T^{max} - T^{min}$, $k, j = 1, 2 \ldots, m$.

После каждой операции обмена значения $\{T_k\}$ пересчитываются, выбираются новые два прибора с T^{max} и T^{min}, и процесс проверки указанного выше условия повторяется. Если условие ни разу не выполнится, алгоритм завершается [2]. На рис. 2 приведена схема итерационного процесса выбора пары заданий для последующего обмена по классическому алгоритму Крона.

Также авторы предлагают рассмотреть алгоритм Крона, который модифицирован следующим образом. Сначала множества заданий распределяются по классическому алгоритму Крона. Затем они дополнительно уточняются посредством обмена заданиями между приборами с максимальным T^{max} и очередным T^i значением из набора $\{T_i\}$. При этом выполняются условия:

$$q_k^{max} > q_j^i,$$

$$q_k^{max} - q_j^i < \Delta,$$

где $q_k^{max} \in T^{max}$, $q_j^i \in T^i$, $\Delta = T^{max} - T^i$, $k, j = 1, 2 \ldots m$, $i = 1, 2 \ldots, n$.

После каждой операции обмена значения $\{T_i\}$ пересчитываются, выбираются новые два прибора с T^{max} и T^i, и процесс проверки указанного выше условия повторяется. Если сравнение с T^{max} проведено для каждого T^i и условие ни разу не выполнилось, то алгоритм завершается. На

рис. 3 приведена схема итерационного процесса выбора пары заданий для последующего обмена по модифицированному алгоритму Крона.

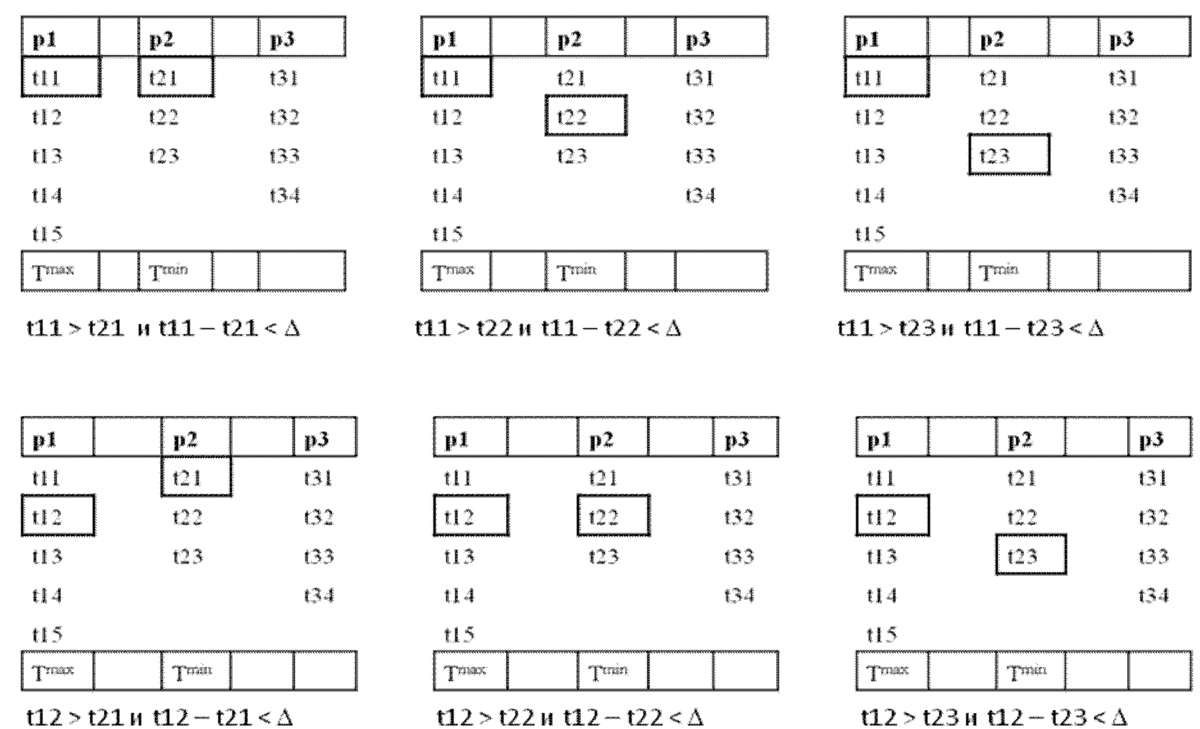


Рис. 2. Схема итерационного процесса выбора пары заданий для последующего обмена по классическому алгоритму Крона

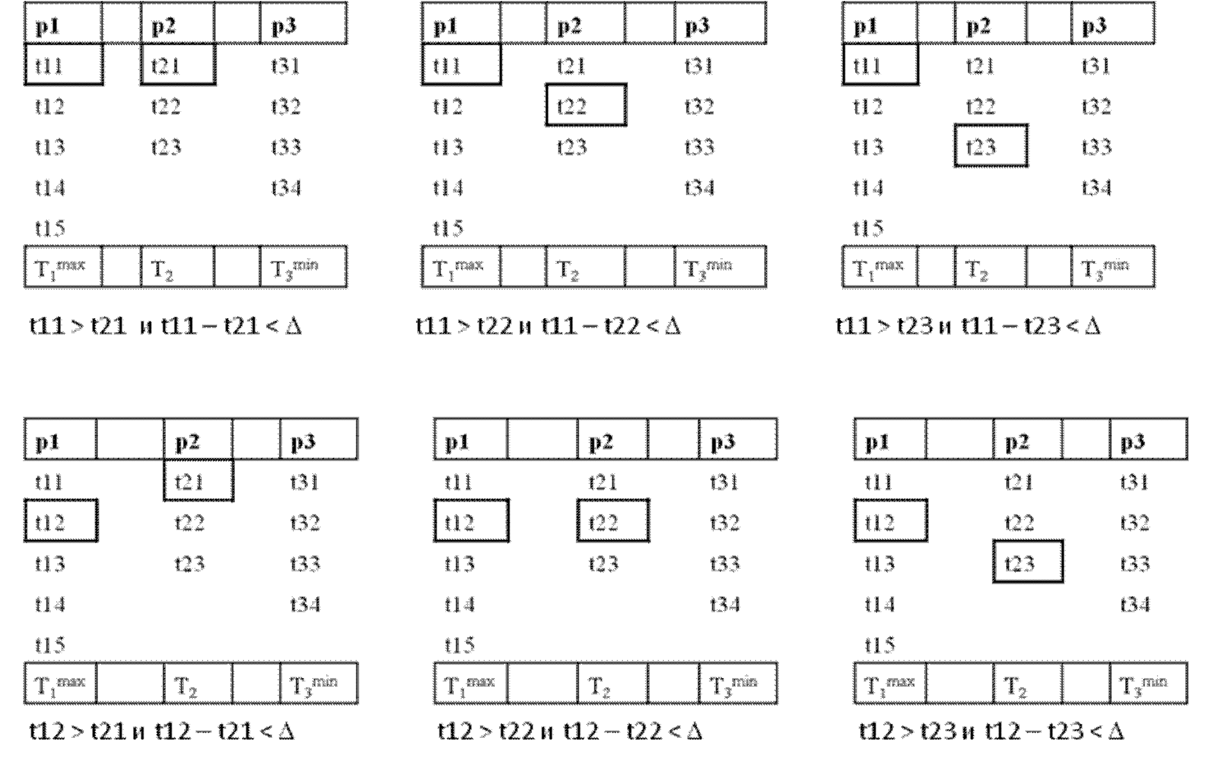


Рис. 3. Схема итерационного процесса выбора пары заданий для последующего обмена по модифицированному алгоритму Крона

Улучшение алгоритма за счёт модификации начального распределения заданий. Авторы предлагают улучшить классический алгоритм Крона и приведённую выше его модификацию. Начальное распределение заданий будет выполняться с помощью алгоритма критического пути (CPM) и алгоритма Пашкеева. Ранее, при исследовании классического и модифицированного алгоритмов Крона начальное распределение множества заданий формировалось посредством случайного распределения заданий по приборам. Таким образом, в результате сочетания классического и модифицированного алгоритма Крона с алгоритмами критического пути и Пашкеева получены новые модификации, экспериментальное исследование которых приведено ниже [3].

Проведение вычислительных экспериментов, направленных на получение статистических данных о работе каждого из алгоритмов, позволит выявить эффект (положительный или отрицательный) в произведённых модификациях алгоритма Крона. Входные данные для проведения экспериментов: n — количество устройств, m — количество заданий, z_1—z_2 — диапазон генерации времени загруженности прибора ($t_j \in [z_1, z_2]$). В ходе экспериментов случайным образом сгенерированы по 100 векторов загрузки, содержащие задания в диапазоне [z_1, z_2]. Они были преобразованы в соответствие с алгоритмом критического пути и Пашкеева. Полученные результаты усреднялись по количеству экспериментов. В табл. 1 и 2 представлены результаты экспериментов для диапазона заданий 25—30.

Таблица 1

Усреднённые значения критериев

n	*m*	Значения исследуемых критериев				
		Opt	Крона и CPM	Time (Крона и CPM)	Крона и Пашкеева	Time (Крона и Пашкеева)
6	32	147,129	155,201	0,172	155,231	0,218
8	32	110,485	110,443	0,156	110,452	0,031
12	32	73,844	81,346	0,126	81,423	0,157

Таблица 2

Усреднённые значения критериев

n	*m*	Значения исследуемых критериев				
		Opt	Модификация Крона и CPM	Time (модификация Крона и CPM)	Модификация Крона и Пашкеева	Time (модификация Крона и Пашкеева)
6	32	147,129	154,646	0,377	154,675	0,296
8	32	110,485	110,441	0,109	110,445	0,191
12	32	73,844	80,957	0,281	80,946	0,486

В соответствии с данными табл. 1 и 2 можно рассчитать отклонение полученных значений критериев от оптимального значения при разном количестве устройств. Результаты расчётов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения отклонений исследуемых критериев

n	Крона и CPM	Крона и Пашкеева	Модификация Крона и CPM	Модификация Крона и Пашкеева
6	8,072	8,102	7,517	7,546
8	0,042	0,033	0,044	0,04
12	7,502	7,579	7,113	7,102

Для большей наглядности значения, приведённые в табл. 3, представим в виде графика (рис. 4).

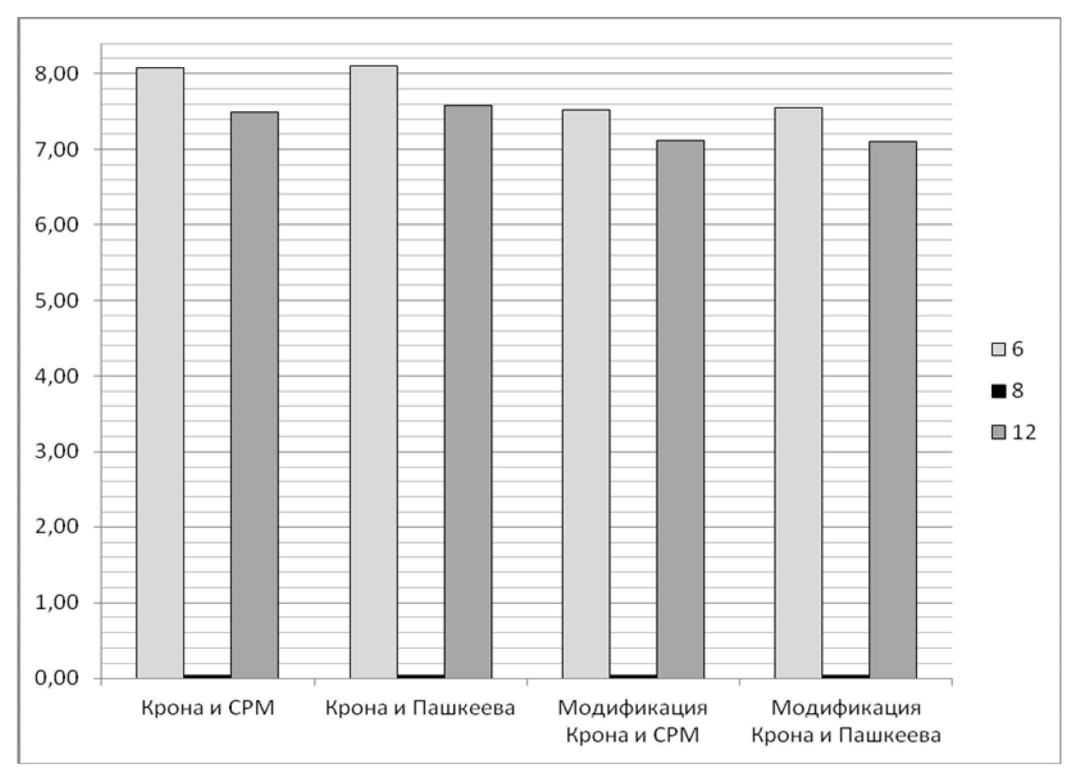


Рис. 4. Значения отклонений исследуемых критериев

Выводы. Оценивая полученные результаты, можно сделать вывод об эффективности описанных модификаций.

Сравнивались модификации классического и преобразованного алгоритма Крона, полученные с помощью алгоритма СРМ и алгоритма Пашкеева. По данным, приведённым в табл. 1 и 2, видно, что в первом случае результаты лучше. Однако при увеличении количества приборов более эффективна вторая пара модифицированных алгоритмов.

В целом, следует отметить, что модификации преобразованного алгоритма Крона дают лучшие результаты по сравнению с модификациями классического алгоритма, и это отчётливо видно на графике (рис. 4).

Библиографический список

1. Кофман, Э. Г. Теория расписаний и вычислительные машины / Э. Г. Кофман. — Москва : Наука, 1987. — 334 с.

2. Кобак, В. Г. Сравнительный анализ алгоритмов решения задачи планирования в однородных вычислительных системах / В. Г. Кобак, М. С. Иванов // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ-20 : сб. тр. XX Междунар. науч. конф. — Ярославль, 2007. — Т. 2, секц. 2. — С. 56–57.

3. Кобак, В. Г. Повышение эффективности алгоритма Крона за счёт модификации начального распределения заданий / В. Г. Кобак, О. А. Золотых, Д. В. Титов // Современные проблемы информатизации в моделировании и социальных технологиях : сб. тр. XVI Междунар. открытой науч. конф. — Воронеж : Научная книга, 2011. — С. 246–251.

Материал поступил в редакцию 22.11.2012.

References

1. Kofman, E.G. *Teoriya raspisaniy i vychislitelnyye mashiny.* [Scheduling theory and computing machines.] Moscow: Nauka, 1987, 334 p. (in Russian).

2. Kobak, V.G., Ivanov, M.S. *Sravnitelnyy analiz algoritmov resheniya zadachi planirovaniya v odnorodnykh vychislitelnykh sistemakh.* [Comparative analysis of solution algorithms to planning problems in homogeneous parallel computing systems with distributed memory.] *Matematicheskiye metody v tekhnike i tekhnologiyakh — MMTT-20: sb. tr. XX Mezhdunar. nauch. konf.* [Mathematical techniques in methods and technology – MMTT-20: Proc. XX Int. Sci. Conf.] Yaroslavl, 2007, vol. 2, sect. 2, pp. 56–57 (in Russian).

3. Kobak, V.G, Zolotykh, O.A., Titov, D.V. *Povysheniye effektivnosti algoritma Krona za schet modifikatsii nachalnogo raspredeleniya zadaniy.* [Improvement of Kron algorithm at the expense of modification of starting allocation of tasks.] *Sovremenyye problemy informatizatsii v modelirovanii i sotsialnykh tekhnologiyakh: sb. tr. XVI Mezhdunar. otkrytoy nauch. konf.* [Modern problems of informatization in modeling and social technologies: Proc. XVI Int. Open Sci. Conf.] Voronezh: Nauchnaya kniga, 2011, pp. 246–251 (in Russian).

INVESTIGATION OF KROHN'S ALGORITHM AND ITS MODIFICATION FOR VARIOUS BASIC DATA

V. G. Kobak, D. V. Titov, O. A. Zolotykh
(Don State Technical University)

The problem on the task distribution among the multiple homogeneous computing devices by the minimax criterion is considered. The problem definition with the detailed description of the subject of inquiry and its basics is given. It is proposed to use approximate algorithms for the solution to the problem. Both Krohn's classical and modified algorithms, and the techniques of improving them through the initial task distribution among the computer system devices are considered. The critical-path algorithm and Pashkeyev's algorithm are used for this purpose. The output values of a number of computational experiments at various input parameters are given in the paper for estimating the efficiency of the obtained Krohn's algorithm modifications. The modified algorithms efficiency has been evaluated by the operate time and by the departure of the obtained load values from the optimum. The software to analyze the modified algorithm efficiency is developed.
Keywords: *Krohn's algorithm, Krohn's algorithm modification, minimax criterion, initial distribution, load balancing, computing system.*

УДК 662.959.63

Обоснование математической модели решения задачи оценки рисков безопасности труда на предприятиях машиностроения

А. А. Мартыненко
(Донской государственный технический университет),
В. В. Новиков
(Кубанский государственный технический университет)

Рассмотрены вопросы обоснования математической модели и решения задачи оценки рисков безопасности труда на предприятиях машиностроения. В результате выявлены этапы, на которых возможно воздействие на работников опасных и вредных факторов, а так же условий, которые могут привести к гибели, травмированию или заболеванию работников. Ранжируя риски по подразделениям и по времени можно заблаговременно определить места (подразделения) и опасные факторы, запланировать меры предупредительно-профилактического характера, преследующие цель снижения риска гибели, травмирования или заболевания работников на предприятиях машиностроения.

Ключевые слова: *математическая модель, математическое ожидание, вероятность возникновения происшествия, риск, случайное событие.*

Введение. В общем случае показатель риска определяется как произведение вероятности возникновения происшествия за определённый период деятельности на математическое ожидание вреда от одного происшествия.

$$R(т) = Q(т)\cdot Y, \tag{1}$$

где, R(т) — показатель риска деятельности; Q(т) — вероятность возникновения происшествия за период времени выполнения процесса т; Y — математическое ожидание вреда от одного происшествия.

Первым требованием, которое выдвигается к выбираемой и модифицированной математической модели, будет её адаптируемость к существующей системе оценки состояния безопасности труда, к накопленным статистическим данным по характеристике её составляющих на предприятиях машиностроения.

Одной из наиболее часто употребляемых характеристик опасности является индивидуальный риск — «вероятность (частота) поражения отдельного индивида в результате воздействия исследуемых факторов опасности при реализации неблагоприятного случайного события» [1—3]. Точечная статистическая оценка индивидуального риска (за 1 год) может быть получена по формуле:

$$RI = \frac{P}{N}, \tag{2}$$

где P — число смертей (травм, заболеваний) по рассматриваемой причине; N — численность людей рассматриваемого предприятия.

Поэтому совершенно обоснованно основными количественными показателями состояния безопасности труда являются количество погибших, травмированных, заболевших, приходящихся на сто человек от общей численности работников предприятия.

В этом случае индивидуальный риск несчастного случая i-го типа на производстве

$$R = \frac{P_i}{N}\cdot 10^{-3}, \frac{1}{\text{год}}, \tag{3}$$

где P_i — количество несчастных случаев i-го типа на производстве; N — количество людей на производстве.

Общий риск RG_i несчастного случая i-го типа для выделенной в совокупности N группы m людей рассчитывается по формуле:

$$RG_i = \frac{P_i}{N} m \cdot 10^{-3}, \frac{1}{\text{год}} \tag{4}$$

Но формулы (3), (4) годятся для оценки рисков несчастных случаев с гибелью людей при математическом ожидании ущерба — смерти одного человека. В случае оценки рисков травмирования или заболевания формула трансформируется в следующую:

$$RI_i = \frac{P_i}{N} \cdot 10^{-3} \cdot \bar{T}_{пi}, \frac{1}{\text{год}} \tag{5}$$

где $\bar{T}_{пi}$ — средняя продолжительность трудовых потерь на одного травмированного (заболевшего) по травмам (заболеваниям) i-го типа в течение года.

В законодательстве по охране труда существует понятие «риск производственного травматизма», под которым понимают значение:

$$R = R_C + R_И + R_T + R_{МТ} \tag{6}$$

где R — значение риска производственного травматизма; R_C — риск смерти (несчастных случаев со смертельным исходом); $R_И$ — риск несчастных случаев, приводящих к инвалидности (устойчивой потере трудоспособности); R_T — риск травм без устойчивой потери трудоспособности; $R_{МТ}$ — риск микротравм.

В оценку безопасности труда следует ввести понятие риска служебного травматизма в повседневной деятельности.

Поскольку принято характеризовать состояние безопасности труда количеством погибших, травмированных и заболевших от воздействия негативного фактора, приходящихся на сто человек из общей численности в течение одного года, то величина индивидуального риска наступления гибели, увечья или заболевания от воздействия конкретного i-го негативного фактора и будет равна R_i .

Введение понятия индивидуального и группового (общего) риска персонала подразделений, математические средства их количественного определения дают возможность предложить пространственно-временную модель распределения рисков в подразделениях в течение года.

Целью и назначением модели может быть поддержка решений руководителей при управлении рисками в обеспечении безопасности на производстве.

Исходными данными для неё являются:

- перечень угроз (опасных факторов), воздействию которых подвергаются люди в течение года;

- группы специалистов подразделения и перечень подразделений, их численный состав, распределение групп специалистов по подразделениям;

- мероприятия повседневной деятельности по поддержанию готовности предприятий и присущие им потенциальные опасные факторы, продолжительность их воздействия;

- сезонное распределение воздействия опасных факторов природного происхождения (первичных и вторичных) в районе дислокации, их продолжительность;

- мероприятия плана подготовки и их распределение во времени;

- статистические данные гибели людей, травматизма и заболеваемости, разделённые по признакам типов опасных факторов (поражения электротоком, отравления, обморожения, транспортные и другие).

Процедуру идентификации опасностей и рисков можно разделить на два этапа: выявление опасностей и рисков, характерных для процесса повседневной деятельности конкретного предприятия; анализ конкретных причин (условий) возникновения неблагоприятных событий и их отрицательных воздействий.

Первый этап предлагает выявление:

- опасных и вредных факторов (легковоспламеняющиеся вещества, сильнодействующие ядовитые вещества, высокое напряжение, высокое давление, электромагнитное излучение, автотранспорт, действующие механизмы открытого типа, нейтральные газы, угарный газ, работы на высоте и в закрытых ёмкостях и другие), воздействующих на людей фактически или потенциально в процессе выполнения обязанностей и выполнения конкретных мероприятий;

- объектов-носителей этих опасностей на территории предприятия и в прилегающих районах, в которых люди выполняют задачи, с указанием степени опасности и границ опасных зон, опасных природных явлений (сильные морозы, высокие температуры, землетрясения, метели и бураны, создающие условия для эпидемий и другие) и возможных в результате их проявления вторичных опасных факторов (обморожения, тепловые удары, несчастные случаи на воде, отравления угарным газом). Блок-схема идентификации опасностей и рисков в деятельности предприятий машиностроения представления на рисунке 1.

Второй этап начинается с выявления условий (причин), которые могут привести к гибели, травме или заболеванию в случае воздействия опасного фактора.

Дано:

1. Структура процесса повседневной деятельности в течение года с декомпозицией до уровня мероприятий.
2. Организационно-штатная структура и ее подразделения.
3. План подготовки год.
4. Перечень опасных факторов эксплуатации.
5. Модель распределения опасных явлений природы в течение года.

Требуется:

1. Определить перечень опасных операций $\boldsymbol{O_к}$.
2. Перечень категорий специалистов, взаимодействующих с опасными факторами при выполнении операций и их численность.
3. Суммарное время взаимодействия $\boldsymbol{T_j}$ людей $\boldsymbol{j}$-й специальности с опасным фактором.

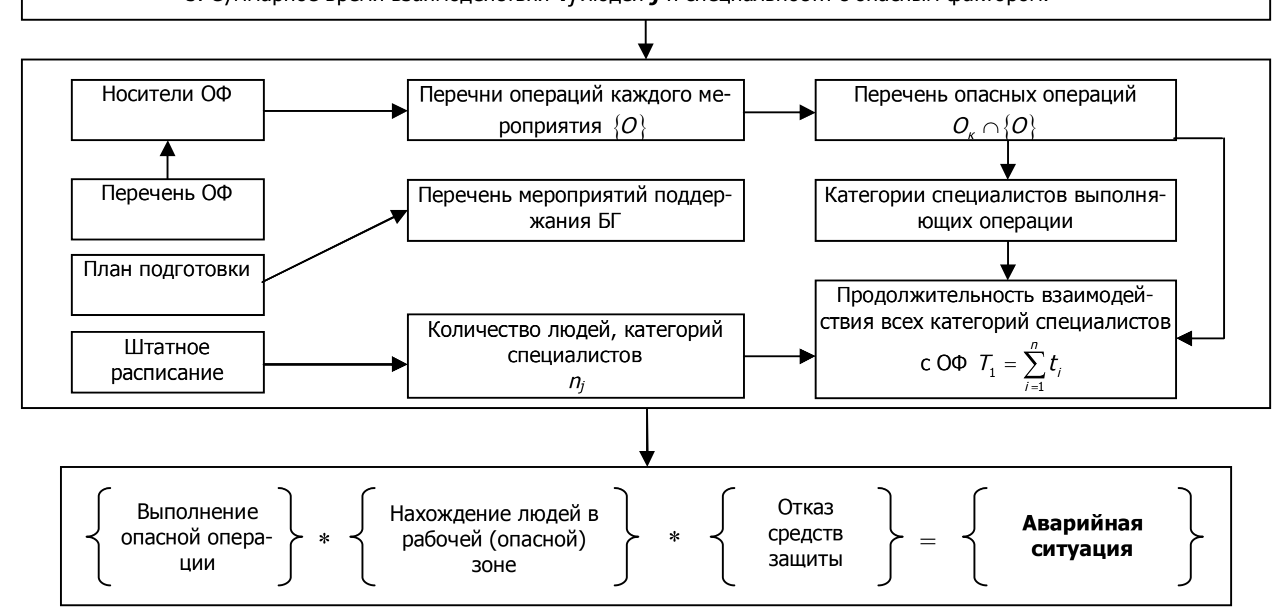


Рис. 1. Блок-схема идентификации опасностей и рисков в деятельности предприятий машиностроения

Они выявляются для каждого опасного фактора в отдельности, но существуют и общие условия для всех факторов:

- выполнение опасной операции;
- наличие людей в рабочей или опасной зоне;
- отказ средств защиты.

Под операцией понимается взаимодействие людей, нормативно-правовых актов (инструкций) и технических средств, направленных на достижение одной из частных целей (решение частной задачи), выполняемого процесса (мероприятия).

Опасность процесса сосредотачивается в тех операциях, в которых организуется требуемое взаимодействие между опасным фактором и человеком, при этом воздействие опасного фактора исключается применением директивно установленного комплекса средств и мер.

Операции, в которых сосредоточена опасность процесса повседневной деятельности (мероприятия), называются потенциально опасными.

Опасной зоной называется зона с границами, нарушение которых путём проникновения внутрь зоны делает возможным воздействие на нарушителя опасного фактора.

Рабочей зоной называется зона с границами, внутри которых находятся люди, выполняющие операцию.

Опасные и рабочие зоны разделяются средствами защиты.

Ситуация, в которой происходит ошибочное снятие либо отказ защиты и опасный фактор попадает в рабочую зону, люди попадают в опасную зону, называется аварийной.

Выводы. В результате выявлены этапы, на которых возможно воздействие на работников опасных и вредных факторов, а так же условий, которые могут привести к гибели, травмированию или заболеванию работников. Ранжируя риски по подразделениям и по времени можно заблаговременно определить места (подразделения) и опасные факторы, запланировать меры предупредительно-профилактического характера, преследующие цель снижения риска гибели, травмирования или заболевания работников на предприятиях машиностроения.

Библиографический список

1. Пуликовский, К. Б. Безопасность России. Анализ рисков и управление безопасностью : методические рекомендации / К. Б. Пуликовский, Н. А. Махутов, С. К. Шойгу ; под общ. ред. Н. А. Махутова. — Москва : МГОФ «Знание», 2008. — 672 с.

2. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учебное пособие для студентов вузов / П. Г. Белов. — Москва : Академия, 2003. — 512 с.

3. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков : учебное пособие для вузов / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. — Москва : Академия, 2007. — 368 с.

Материал поступил в редакцию 05.07.2012.

References

1. Pulikovskiy, K.B., Makhutov, N.A., Shoygu, S.K. *Bezopasnost Rossii. Analiz riskov i upravleniye bezopasnostyu: metodicheskiye rekomendatsii.* [Security of Russia. Risk analysis and security control: method guidelines.] Moscow: MGOF «Zaniye», 2008, 672 p. (in Russian).

2. Belov, P.G. *Sistemnyy analiz i modelirovaniye opasykh protsessov v tekhnosfere. Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov.* [System analysis and hazardous process modeling in technosphere. University student training manual.] Moscow: Akademiya, 2003, 512 p. (in Russian).

3. Vishnyakov, Y.D., Radayev, N.N. *Obshchaya teoriya riskov. Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov.* [General risk theory. University training manual.] Moscow: Akademiya, 2007, 368 p. (in Russian).

RATIONALE FOR MATHEMATICAL SOLUTION MODEL OF LABOUR SAFETY RISKS ASSESSMENT PROBLEM AT ENGINEERING ENTERPRISES

A. A. Martynenko
(Don State Technical University),
V. V. Novikov
(Kuban State Technological University)

Some issues on the mathematical model justification and the solution to the problem of the labour safety risks assessment at the machine building enterprises are considered. As a result, the phases of occupational hazards threat, and the conditions which may result in workers death, injury, or disease, are discovered. Risk ranking in subdivisions and time may well in advance permit to localize subdivisions (departments) and hazards, to provide a preventive planning aimed at the workers death, injury, or disease risk reduction at the engineering enterprises.
Keywords: *mathematical model, mathematical expectation, probability of occurrence, risk, chance event.*

УДК 631.354.2.076-52

Мехатронная система адаптивного управления движением зерноуборочного комбайна

Д. Я. Паршин, Д. Г. Шевчук
(Донской государственный технический университет)

Рассматриваются основные внешние воздействия на мехатронную систему управления движением зерноуборочного комбайна и их влияние на характер движения и технологический процесс. Целью исследования является решение задачи адаптивного управления траекторией движения и загрузкой рабочих органов зерноуборочного комбайна на основе нечёткого логического вывода. Предлагается метод нечёткого адаптивного управления движением зерноуборочного комбайна и алгоритм его реализации. Рассматриваются структура и взаимосвязь элементов мехатронной системы управления движением зерноуборочного комбайна. Представлена имитационная модель мехатронной системы, реализованная в системе MatLab Simulink с помощью Fuzzy Logic Toolbox, приводятся результаты моделирования. Представлены результаты регрессионного анализа и оценка качества по SSE, R-square и RSME критериями пригодности приближения, а также рассчитаны доверительные интервалы для найденных значений параметров. Рассмотрена практическая реализация мехатронной системы зерноуборочного комбайна.

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, нечёткое управление, мехатронная система, алгоритм управления.*

Введение. Оптимизация уровня использования технических возможностей зерноуборочных комбайнов, способствующая уменьшению потерь зерна, повышению производительности и улучшению условий труда оператора, не может быть осуществима без комплексной автоматизации управления движением машины. Это вызвано тем, что комбайн работает в недетерминированных условиях, вызывающих изменение параметров технологического процесса (ТП), реагировать на которые своевременно оператор не в состоянии. Одним из направлений повышения технико-экономического уровня зерноуборочного комбайна является создание мехатронной системы, предназначенной для автоматизации управления технологическими, энергетическими и эксплуатационными режимами работы машины при минимальном участии оператора.

Постановка задачи построения мехатронной системы управления движением. Современный зерноуборочный комбайн представляет собой единый комплекс электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники, между которыми осуществляется постоянный динамически меняющийся обмен энергией и информацией, объединённый общей системой автоматического управления, поэтому задача автоматизации управления движением комбайна сводится к построению многопараметрической мехатронной системы.

Ввиду большого количества внешних воздействий, влияющих на режим работы комбайна, максимальная производительность при минимальных потерях зерна возможна только при адаптивных принципах управления его движением. Для построения мехатронной системы адаптивного управления движением зерноуборочного комбайна, мехатронную систему необходимо представить как многопараметрический объект автоматического управления, выявить взаимосвязи между её основными переменными, разработать структурную организацию системы и алгоритм адаптивного управления загрузкой рабочих органов молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) комбайна посредством изменения скорости его движения.

Многопараметрический принцип построения мехатронной системы. Состояние мехатронной системы управления движением зерноуборочного комбайна как многопараметрического объекта управления в любой момент времени описывается системой уравнений [1]:

$$\begin{cases} \vec{U} = \{\alpha_к(t), n_x(t), n_д(t)\}; \\ \vec{F} = \{R(t), \omega(t), f(t), Q(t)\}; \\ \vec{D} = \{\gamma_д(t), B(t), \gamma_м(t)\}; \\ \vec{Y} = \{v_к(t), s(t), \varphi(t), q(t), П(t)\}. \end{cases} \quad (1)$$

Мехатронная система управления движением зерноуборочного комбайна представляет собой многопараметрическую динамическую систему, на вход которой поступает вектор управляющих воздействий $\vec{U}$, включающий изменение подачи топлива в двигатель $n_д(t)$, угол поворота управляемых колёс $\alpha_к(t)$ и изменение давления в гидросистеме объёмного привода ходовой части (ГСТ) $n_x(t)$. Вектор возмущающих воздействий $\vec{F}$ включает урожайность $Q(t)$, состояние растительной массы $\omega(t)$ (влажность, соломистость), сопротивление движению $R(t)$ и изменение траектории ориентации $f(t)$. Взаимодействие между отдельными рабочими органами комбайна описывается вектором внутренних связей $\vec{D}$, включающим подачу растительной массы $q(t)$, ширину рабочего захвата жатки $B(t)$ и параметр $\gamma_м(t)$, характеризующий загрузку МСУ. Выходные переменные представляют собой вектор $\vec{Y}$, включающий суммарные потери зерна $П(t) = П_м(t) + П_с(t)$, состоящие из потерь в МСУ $П_м(t)$ и потерь в системе очистки, скорость движения $v_к(t)$, загрузку двигателя $\gamma_д(t)$, отклонение от базовой линии $s(t)$ и курсовой угол $\varphi(t)$. Величины $s(t)$ и $\varphi(t)$ характеризуют точность движения комбайна относительно траектории ориентации, причём величина $s(t)$ влияет на ширину рабочего захвата жатки $B(t) = B_ж - s(t)$ ($B_ж$ — паспортная ширина захвата жатки) и, как следствие, на подачу растительной массы $q(t)$ в МСУ.

Большинство существующих мехатронных систем зерноуборочных комбайнов основаны на том, что ряд параметров $v_к(t)$, $B(t)$, $\omega(t)$, $f(t)$, $R(t)$ рассматриваются как постоянные величины. Однако в реальных условиях они являются переменными, имеют статистическую природу и оказывают значительные воздействия на качественные и количественные показатели ТП. Для устранения указанных недостатков существующих систем представим многопараметрическую мехатронную систему управления движением зерноуборочного комбайна в виде трёх взаимосвязанных подсистем: двигатель и ходовая часть, мехатронный модуль управления (ММУ) траекторией движения и ММУ загрузкой МСУ (рис. 1).

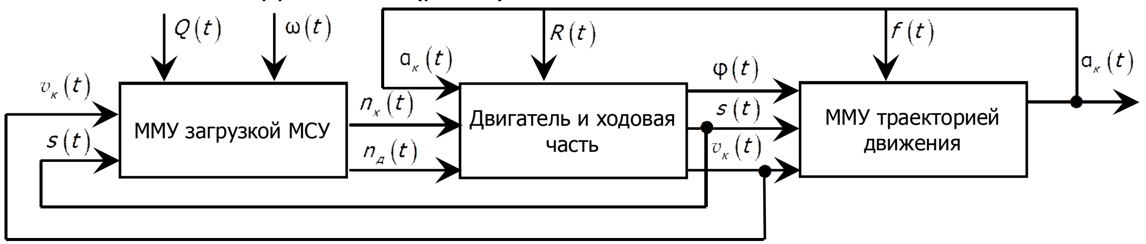


Рис. 1. Взаимодействие подсистем ММСЗК

Отличительной особенностью многопараметрического метода построения мехатронной системы управления движением является то, что ММУ загрузкой МСУ и ММУ траекторией движения связаны друг с другом через модель динамики двигателя и ходовой части машины. Такой подход к построению мехатронной системы позволяет установить соотношение между степенью загрузки двигателя, скоростью движения и подачей хлебной массы в конкретных условиях выполнения ТП.

Структурная организация многопараметрической мехатронной системы. Система реализуется на базе комплекса датчиков, исполнительных устройств (ИУ) и бортового микроконтроллера, в состав которого входят нечёткий контроллер траектории движения и нечёткий контроллер загрузки МСУ (рис. 2).

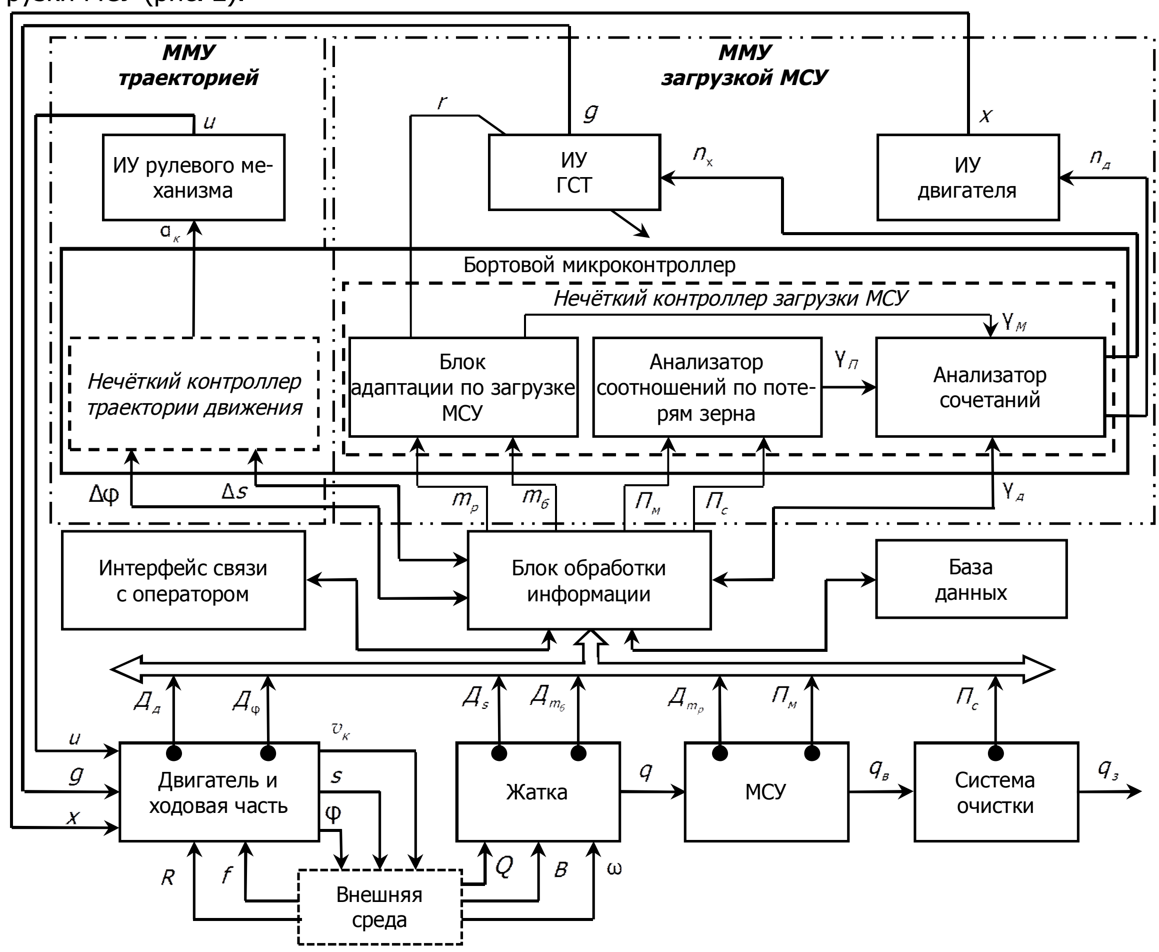


Рис. 2. Структурная организация ММСЗК

В состав нечёткого контроллера загрузки МСУ входят блок адаптации по загрузке МСУ, анализатор соотношений по потерям зерна и анализатор сочетаний [1]. Блок адаптации по загрузке МСУ использует информацию с датчиков $Д_{m_б}$ и $Д_{m_р}$ о крутящем моменте на валу приёмного битера наклонной камеры $m_б$ и ротора МСУ $m_р$. Анализатор соотношений по потерям зерна использует информацию, полученную с помощью пьезоэлектрических датчиков потерь за МСУ — $П_м$ и за системой очистки — $П_с$. Блок адаптации по загрузке МСУ и анализатор сочетаний по потерям зерна определяют градиенты поиска оптимальных настроек $γ_м$ и $γ_П$ по соотношению информативных сигналов $m_б$, $m_р$, $П_м$, $П_с$ и информации из БД о допустимых потерях зерна $П_д$.

Анализатор сочетаний определяет оптимальные настройки загрузки МСУ n_x и двигателя $n_д$, в которых в качестве параметра регулирования двигателя используется крутящий момент коленчатого вала $\gamma_д$, измеряемый датчиком $Д_д$.

Управление траекторией движения мехатронной системы обеспечивается исполнительным устройством рулевого механизма, которое формирует управляющее воздействие u на рулевой вал. В результате этого воздействия управляющие колёса поворачиваются на угол $\alpha_к$ [2].

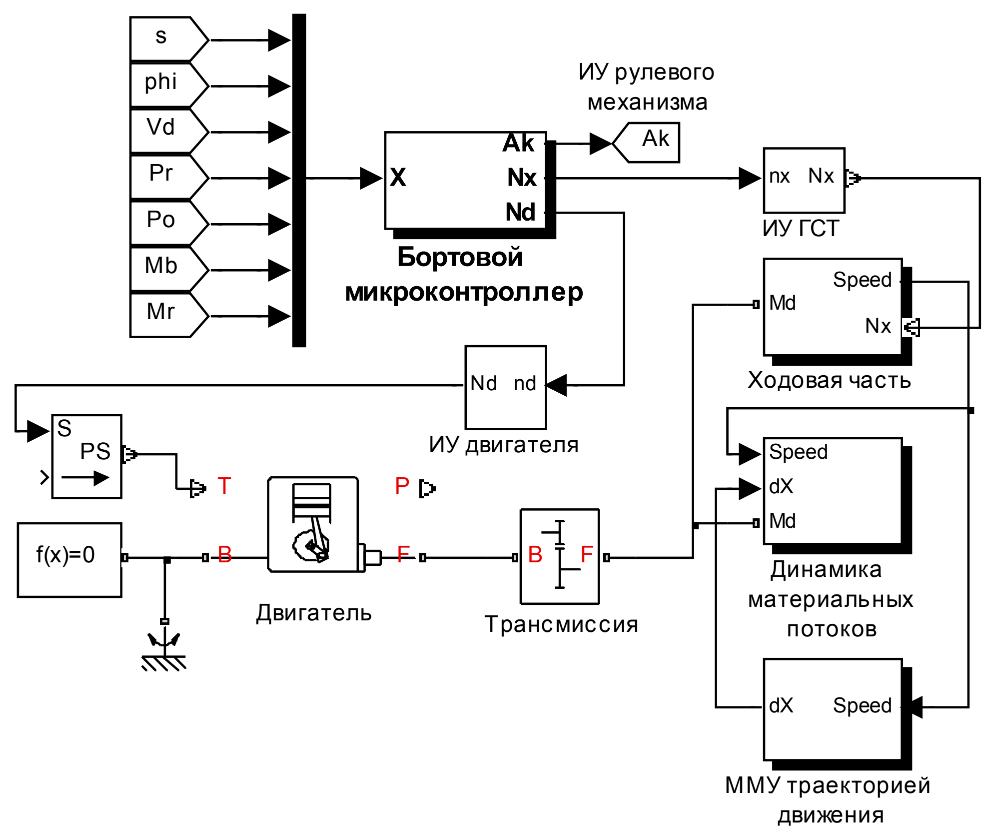


Рис. 3. Имитационная модель ММСЗК в Matlab Simulink

Метод нечёткого адаптивного управления движением мехатронной системы и алгоритм его реализации. Блок адаптации по загрузке МСУ формирует сигнал $\gamma_м \in [-1; +1]$ о возможности повышения (0; +1], необходимости сохранения (0) или снижения [–1; 0) загрузки МСУ. Анализатор соотношений по потерям зерна формирует сигнал $\gamma_п \in [-1; 0]$ о возможности сохранения (0) или необходимости снижения [–1; 0) обобщённых потерь зерна. Блок адаптации по загрузке МСУ формирует сигнал $r \in [-H; +H]$ на изменение или сохранение (H_0) параметра настройки ИУ ГСТ. Анализатор сочетаний формирует выходные сигналы $n_x \in [-p; +p]$, $n_x \in [-d; +d]$ на изменение или сохранение (p_0), (d_0) режима работы ГСТ и двигателя. Управляющие воздействия $n_д$ и n_x, полученные по алгоритму нечёткого адаптивного управления (2), обеспечивают движение системы к оптимальным настройкам загрузки МСУ и двигателя комбайна, формируют ИУ ГСТ и ИУ двигателя.

$$\begin{cases} \gamma_д = -1 \Rightarrow n_д = -d; \quad \gamma_д = +1 \Rightarrow n_д = +d; \\ \gamma_м > 1 \Rightarrow r = -H; \quad \gamma_м < 1 \Rightarrow r = +H; \\ \gamma_м = 1 \Rightarrow r = H_0; \\ (\gamma_П = -1) \vee (\gamma_П = 0 \wedge \gamma_м = -1) \Rightarrow n_x = -p; \\ \gamma_м = \gamma_д = \gamma_П = -1 \Rightarrow n_д = -p \wedge n_x = -p; \\ (\gamma_д = 0) \wedge (\gamma_П = 0) \wedge (\gamma_м = 0) \Rightarrow n_x = p_0; \\ (\gamma_д = +1 \vee \gamma_д = 0) \wedge \gamma_м = \gamma_П = 0 \Rightarrow n_д = d_0; \\ \gamma_м = \gamma_д = +1 \wedge \gamma_П = 0 \Rightarrow n_д = +p \wedge n_x = +p; \\ (\gamma_м = +1 \wedge \gamma_П = 0) \wedge (\gamma_д = +1 \vee \gamma_д = 0) \Rightarrow n_x = +p. \end{cases} \quad (2)$$

Разработанный метод нечёткого адаптивного управления движением многопараметрической мехатронной системы зерноуборочного комбайна (ММСЗК) и алгоритм его реализации позволит оптимизировать загрузку двигателя и скорость движения, стабилизировать подачу хлебной массы в МСУ, минимизировать потери зерна и значительно улучшить качество вождения комбайна.

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа имитационной модели ММСЗК

Параметр	Уравнение регрессии	Значения коэффициентов и доверительных интервалов	Оценка критериев пригодности приближения			График регрессии
			SSE	R-square	RSME	
$v_к$	$v_к(n_x, n_д) = p_0 + p_1 n_x + p_2 n_д + p_3 n_x n_д + p_4 n_д^2 + p_5 n_x n_д^2 + p_6 n_д^2$	$p_0 = -16,09$; (−16,12; −16,06) $p_1 = 52,98$; (52,93; 53,04) $p_2 = 39,12$; (38,94; 39,3) $p_3 = -199,4$; (−199,6; −199,2) $p_4 = 52,85$; (52,44; 53,26) $p_5 = 161,4$; (161,2; 161,5) $p_6 = -89,23$; (−89,5; −88,95)	0,716	0,99	0,0096	Рис. 5 а
$\gamma_м$	$\gamma_м(q, \delta) = p_0 + p_1 q + p_2 \delta$	$p_0 = 0,132$; (0,1315; 0,1324) $p_1 = 0,0019$; (0,001906; 0,001913) $p_2 = -0,0064$; (−0,0070; −0,0057)	0,002	0,99	0,0004	Рис. 5 б
$П$	$П(q, \omega) = p_0 + p_1 q + p_2 \omega + p_3 q\omega + p_4 \omega^2$	$p_0 = 1,103$; (1,096; 1,109) $p_1 = -0,1364$; (−0,1369; −0,1358) $p_2 = -2,49$; (−2,51; −2,47) $p_3 = 9,43 \times 10^{-3}$; $(9,43; 9,44) \times 10^{-3}$ $p_4 = 0,2266$; (0,2248; 0,2284)	0,003	1	0,0007	Рис. 5 в
$n_д$	$n_д(R, \gamma_м) = p_0 + p_1 R + p_2 \gamma_м + p_3 R \gamma_м + p_4 \gamma_м^2$	$p_0 = 26,79$; (26,7; 26,87) $p_1 = -4,3 \times 10^{-6}$; $(-4,4; -4,2) \times 10^{-6}$ $p_2 = -345,8$; (−346,9; −344,7); $p_3 = 3,1 \times 10^{-5}$; $(3,03; 3,13) \times 10^{-5}$ $p_4 = 1126$; (1123; 1129)	0,067	0,99	0,0029	Рис. 5 г

Имитационная модель ММСЗК. Согласно полученным математическим моделям динамики ходовой части [3] и моделям ММСЗК, как объекта автоматического управления траекторией движения [2] и загрузкой МСУ [4], вариативно-декомпозиционной модели динамики материальных потоков мехатронной системы [5], её структурной организации и синтезированным базам правил

нечётких продукций [6], была построена имитационная модель ММСЗК (рис. 3), основным элементом которой является бортовой микроконтроллер. Имитационная модель ММСЗК реализована в системе Matlab Simulink с использованием SimDriveline и Fuzzy Logic Toolbox.

В качестве схемы нечёткого вывода для нечёткого контроллера траектории движения, блока адаптации по загрузке МСУ и анализатора сочетаний использован метод Мамдани; метод импликации — min, метод агрегирования — max, метод дефаззификации — центр тяжести (centroid). Такой выбор схемы и методов нечёткого вывода обусловлен высокой точностью и достаточным быстродействием модели.

График изменения ошибки управления траекторией движения ММСЗК

График изменения скорости движения ММСЗК

График изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя комбайна

График изменения обобщённых потерь зерна

График изменения секундной подачи хлебной массы в МСУ

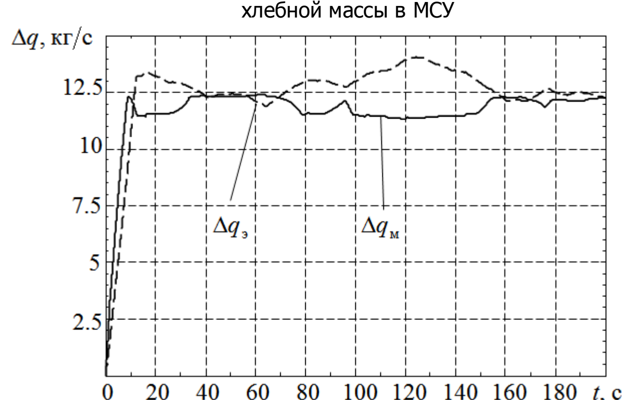


Рис. 4. Графики сравнения экспериментальных и модельных параметров ММСЗК

Результаты имитационного моделирования ММСЗК и ручного управления комбайном представлены на рис. 4., на котором видно, что применение ММСЗК оптимизирует загрузку двигателя и скорость движения, стабилизирует подачу хлебной массы в МСУ, минимизирует потери зерна и значительно увеличивает качество вождения комбайна. На данном рисунке приняты следующие обозначения: $\Delta v_э$ — скорость движения ММСЗК при эксперименте, $\Delta v_м$ — при моделировании; $\Delta s_э$ — ошибка управления траекторией движения при эксперименте, $\Delta s_м$ — при моделировании; $f(t)$ — траектория ориентации; $\Delta П_э$ — обобщённые потери зерна при эксперименте, $\Delta П_м$ — при моделировании; $\Delta q_э$ — подача массы в МСУ при эксперименте, $\Delta q_м$ — при моделировании; $\Delta \gamma_{д_э}$ — частота вращения коленчатого вала двигателя при эксперименте, $\Delta \gamma_{д_м}$ — при моделировании.

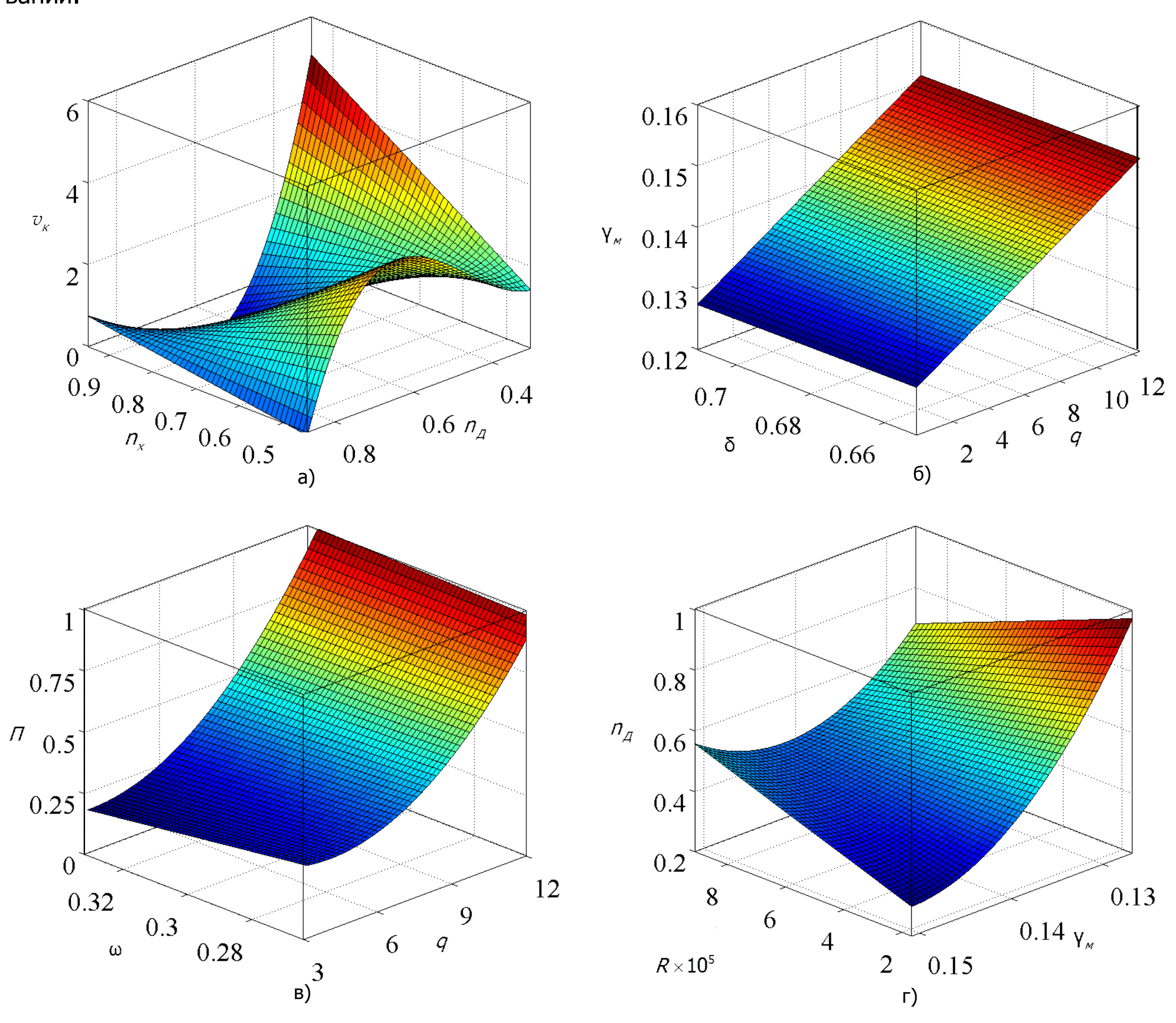


Рис. 5. Графики регрессии

Статистический анализ результатов моделирования ММСЗК. Для определения характеристик взаимосвязей основных параметров ММСЗК проведён корреляционный анализ результатов моделирования. Согласно результатам анализа, было установлено, что наиболее

коррелированными параметрами ММСЗК являются скорость движения $v_к(t)$, обобщённые потери зерна $П(t)$, секундная подача $q(t)$ хлебной массы в МСУ и степень загрузки $\gamma_м(t)$ МСУ.

Для определения степени влияния параметров ММСЗК на результаты выполнения ТП был проведён регрессионный анализ и произведена оценка качества регрессионного анализа SSE, R-square и RSME критериями пригодности приближения, а также были рассчитаны доверительные интервалы для найденных значений параметров модели, соответствующие уровню вероятности 95 %. Результаты регрессионного анализа для наиболее коррелированных параметров имитационной модели ММСЗК представлены в табл. 1 и на рис. 5. Из табл. 1 видно, что наиболее сложную зависимость имеет параметр $v_к$.

Практическая реализация ММСЗК. При изменении условий уборки и траектории ориентации ММСЗК самонастраивается на стабилизацию траектории движения, оптимальной подачи, скоростных режимов двигателя и МСУ. В ММСЗК для управления загрузкой рабочих органов МСУ вал приёмного битера наклонной камеры и ротора МСУ снабжены датчиком крутящего момента, коленчатый вал двигателя снабжён датчиком частоты вращения, МСУ и система очистки снабжены датчиками потерь зерна, причём все датчики подключены с помощью локальной информационной сети CAN к блоку обработки информации бортового микроконтроллера, в состав которого входят блок адаптации по загрузке МСУ, нечёткий контроллер траектории движения, анализатор соотношений по потерям зерна и анализатор сочетаний. ММСЗК с роторным МСУ и наклонной камерой битерного типа представлена на рис. 6.

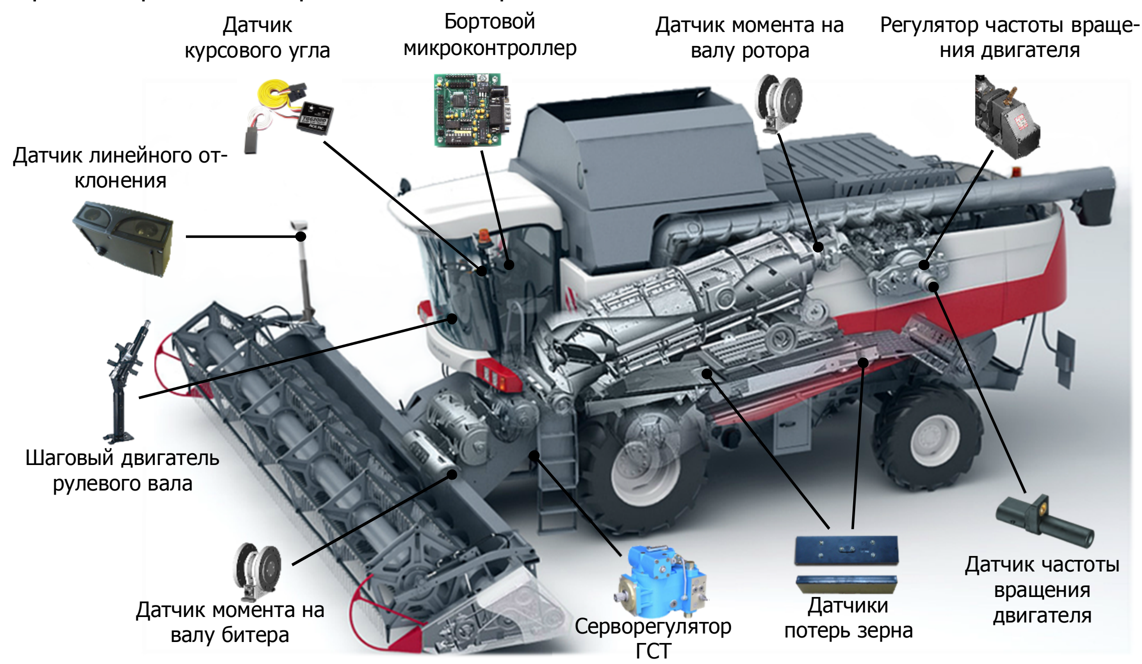


Рис. 6. Размещение датчиков и исполнительных устройств ММСЗК РСМ-181 «Torum-740»

Ввиду того, что датчики потерь зерна МСУ и системы очистки, а также датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя установлены производителями на всех современных зерноуборочных комбайнах и объединены в единую локальную информационную сеть CAN, то в разработанной ММСЗК использованы «заводские» датчики, серворегулятор ГСТ, регулятор частоты вращения двигателя и система передачи данных. Основные составляющие разработанной ММСЗК представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные составляющие ММСЗК

Объект	Техническая реализация
Датчик линейного отклонения	Acuity AR700
Датчик курсового угла	Analog Devices ADIS16100
Датчик крутящего момента на валу приёмного битера и ротора МСУ	KYOWA TPH-5TMA
Бортовой микроконтроллер	Motorola 68HC12

Выводы. Структурная и функциональная реализация разработанной ММСЗК устанавливает соотношение между степенью загрузки двигателя, скоростью движения комбайна и подачей хлебной массы в конкретных условиях уборки: влажность хлебной массы, урожайность убираемой культуры, рельеф поля, траектория движения и техническое состояние машины. Предложенная структурная организация и метод нечёткого адаптивного управления движением мехатронной системы зерноуборочного комбайна защищены патентом РФ на полезную модель № 123291 МПК A01D 41/127.

По результатам имитационного моделирования ММСЗК было установлено, что реализация разработанной мехатронной системы на базе нечёткой логики позволит увеличить точность движения машины по траектории ориентации более чем на 50 %, обеспечив ошибку позиционирования, не превышающую ±10 см; стабилизировать загрузку двигателя и рабочих органов; снизить обобщённые потери продукта на 25 %; увеличить фактическую производительность машины в среднем на 15 % и повысить качество выполнения уборочных работ в целом.

Библиографический список

1. Паршин, Д. Я. Многопараметрическая система адаптивного управления зерноуборочным комбайном / Д. Я. Паршин, Д. Г. Шевчук // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2011. — Т. 11, № 10 (61). — С. 1817–1823.

2. Шевчук, Д. Г. Математическая модель системы автоматического вождения зерноуборочного комбайна / Д. Г. Шевчук, Д. Я. Паршин // Четвёртая Всероссийская мультиконференция по проблемам управления : мат-лы 4-й Всерос. мультиконф. — Таганрог, 2011. — Т. 2. — С. 385–387.

3. Шевчук, Д. Г. Математическая модель сельскохозяйственной машины / Д. Г. Шевчук, Д. Я. Паршин // Математические методы в технике и технологиях : сб. трудов XXIV междунар. науч. конф. — Киев, 2011. — Т. 5. — С. 127–129.

4. Шевчук, Д. Г. Математическая модель управления загрузкой зерноуборочного комбайна / Д. Г. Шевчук, Д. Я. Паршин // Математические методы в технике и технологиях : сб. трудов XXV Междунар. науч. конф. — Волгоград, 2012. — Т. 4. — С. 186–187.

5. Шевчук, Д. Г. Математическая модель динамики материальных потоков в зерноуборочном комбайне / Д. Г. Шевчук, Д. Я. Паршин // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2012. — № 2 (63), вып. 2. — С. 66–73.

6. Шевчук, Д. Г. Нечёткое адаптивное управление зерноуборочным комбайном / Д. Г. Шевчук, Д. Я. Паршин // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2012. — № 7 (68). — С. 80–89.

Материал поступил в редакцию 03.12.2012.

References

1. Parshin, D.Y., Shevchuk, D.G. *Mnogoparametricheskaya sistema adaptivnogo upravleniya zernouborochnym kombaynom.* [Multiparameter adaptive control system of grain combine.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2011, vol. 11, no. 10 (61), pp. 1817–1823 (in Russian).

2. Shevchuk, D.G., Parshin, D.Y. *Matematicheskaya model sistemy avtomaticheskogo vozhdeniya zernouborochnogo kombayna.* [Mathematical model of self-steering system of grain combine.] *Chetvertaya Vserossiyskaya multikonferentsiya po problemam upravleniya : materialy 4-y Vserossiyskoy multikonferentsii.* [IV All-Russian multiconference on control problems: Proc. IV All-Russ. Multiconf.] Taganrog, 2011, vol. 2, pp. 385–387 (in Russian).

3. Shevchuk, D.G., Parshin, D.Y. *Matematicheskaya model selskokhozyaystvennoy mashiny.* [Mathematical model of agricultural machine.] *Matematicheskiye metody v tekhnike i tekhnlogiyakh : sb. trudov XXIV Mezhdunar. nauch. konf.* [Mathematical techniques in methods and technologies: Proc. XXIV Int. Sci. Conf.] Kiev, 2011, vol. 5, pp. 127–129 (in Russian).

4. Shevchuk, D.G., Parshin, D.Y. *Matematicheskaya model upravleniya zagruzkoy zernouborochnogo kombayna.* [Mathematical model of grain combine loading control.] *Matematicheskiye metody v tekhnike i tekhnlogiyakh : sb. trudov XXV Mezhdunar. nauch. konf.* [Mathematical techniques in methods and technologies: Proc. XXV Int. Sci. Conf.] Volgograd, 2012, vol. 4, pp. 186–187 (in Russian).

5. Shevchuk, D.G., Parshin, D.Y. *Matematicheskaya model dinamiki materialnykh potokov v zernouborochnom kombayne.* [Mathematical model of material flows in grain combine.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2012, no. 2 (63), iss. 2, pp. 66–73 (in Russian).

6. Shevchuk, D.G., Parshin, D.Y. *Nechetkoye adaptivnoye upravleniye zernouborochnym kombaynom.* [Fuzzy adaptive control of grain combine.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2012, no. 7 (68), pp. 80–89 (in Russian).

MECHATRONIC SYSTEM OF GRAIN COMBINE ADAPTIVE DRIVING CONTROL

D. Y. Parshin, D. G. Shevchuk
(Don State Technical University)

The basic external actions on the grain combine mechatronic control system, and their effect on the motion pattern and the production process are considered. The research objective is the problem solution on the adaptive control of the motion path and tool load ratio of the grain combine based on fuzzy logic inference. A method of the mechatronic system driving control, and the algorithm of its implementation is proposed. The structure and the interconnection of the mechatronic system elements of the grain combine driving control are observed. The simulation model of the mechatronic system implemented in MatLab Simulink with Fuzzy Logic Toolbox, and the simulation results are given. The regression analysis results, and the quality assessment according to SSE by R-square and RSME approximation adequacy criteria are presented. Confidence intervals for the obtained parameter values are also calculated. The implementation of the grain combine mechatronic system is considered.
Keywords: *grain combine, fuzzy control, mechatronic system, control algorithm.*

УДК 628.517:625.1.08+625.144.5/7

Моделирование виброакустической динамики рельса на участке пути с балластным слоем

С. Ф. Подуст
(ООО «Производственная компания „Новочеркасский электровозостроительный завод"»),
Д. А. Куклин
(Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова)

Рельсы относятся к интенсивным источникам звукового излучения. Во время движения железнодорожного транспорта рельсы в значительной степени формируют звуковое поле на рабочих местах локомотивных бригад и в застройке (в том числе жилой), близко расположенной к железнодорожному полотну. В качестве модели источника шума принят линейный источник значительной протяжённости. Получены аналитические зависимости звукового давления. При расчёте скоростей колебаний рельс на балластном слое представлен как оболочка с частично разомкнутым профилем. Она имеет различные моменты инерции в вертикальной и горизонтальной плоскостях (OZ и OY) и лежит на упруго-диссипативном основании. Силовое воздействие рассматривается как нагрузка, перемещающаяся вдоль рельса со скоростью движения состава. Полученные аналитические зависимости звукового давления учитывают конструктивные и диссипативные характеристики рельса и балластного слоя и являются базовыми для расчёта уровней шума, излучаемого рельсами. Кроме этого, на основе полученных зависимостей скоростей колебаний можно оценить уровни вибрации на рельсе и использовать эти данные для решения задачи вибрационного воздействия на строения, близко расположенные к железнодорожному полотну.

Ключевые слова: *шум рельса, вибрация рельса, балластный слой, упруго-диссипативное основание, длинномерный источник шума, уровни звукового давления.*

Введение. В качестве модели рельса как источника звука принят линейный источник. Теоретически рельс представляет собой волновод бесконечной длины. Для инженерных расчётов шумообразования следует учитывать конечный участок. Он излучает звук, который вносит определяющий вклад в акустическое воздействие на окружающую среду и на внутренние воздушные объёмы кабин локомотивов и вагонов.

Основная часть. Экспериментальные исследования показали: для технических расчётов акустических характеристик длина «главного» излучения звуковой энергии с рельсом составляет 1,1÷1,2 от длины состава.

В качестве исходной зависимости принимается формула звукового давления протяжённого линейного источника [1, 2], которая для конструктивных параметров рельса приведена к виду

$$P\left(R,\varphi\right)=i338V_r\,\frac{\exp i\left(\varphi+k_0R-\frac{3\pi}{4}\right)}{H^{1'}\left(k_0h_p\right)\sqrt{k_0R}},\qquad(1)$$

где V_r — скорость колебаний рельса, м/с; k_0 — волновое число, 1/м; R — расстояние от рельса до расчётной точки, м; h_p — высота рельса, м; $H^{1'}$ — производная функции Ганкеля.

Данная зависимость верна при $k_0h_p \gg 1$, что справедливо для высокочастотной части спектра, т. е. частотного диапазона, характерного для спектра шума, излучаемого рельсом. Заменяя производную функции Ганкеля её асимптотическим представлением для $k_0h_p \geq 1$ [3]

$$H^{1'}_{m_\mu}\left(k_0h_p\right)=-i\sqrt{\frac{2}{\pi k_0h_p}}\exp i\left(k_0h_p-\frac{2m_\mu+1}{4}\pi\right)$$

и учитывая, что колеблется твёрдое тело (m_μ = 1), получим выражение звукового давления, излучаемого рельсом:

$$P_p = 423V_r\sqrt{\frac{h_p}{R}}\exp i\left(k_0R - k_0h_p + \varphi\right). \quad (2)$$

В области средних частот выполняется соотношение $k_0h_p < 1$. В этом случае асимптотическое представление функции Ганкеля имеет вид [3]

$$H^{1'}\left(k_0h_p\right) = -i\frac{1}{\pi}\left(\frac{2}{k_0h_p}\right)^2. \quad (3)$$

Звуковое давление, создаваемое рельсом в этом частотном диапазоне, определяется следующей зависимостью:

$$P_p = 0{,}2V_r\frac{f^{1,5}h_p^{\ 2}}{\sqrt{R}}\exp i\left(\varphi + k_0R - \frac{3\pi}{4}\right). \quad (4)$$

Виброскорости рельса определим из дифференциальных уравнений поперечных колебаний:

$$\begin{gathered}EJ_x\frac{\partial^4\xi}{\partial x^4} - \rho J_x\frac{\partial^4\xi}{\partial z^2\partial t^2} + \rho F\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2} + j\xi = P_y\sum_{i=1}^{\kappa^*}\delta\left(z - z_{0i}\right),\\ EJ_y\frac{\partial^4\varepsilon}{\partial x^4} - \rho J_y\frac{\partial^4\varepsilon}{\partial z^2\partial t^2} + \rho F\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial t^2} + j\varepsilon = P_x\sum_{i=1}^{\kappa^*}\delta\left(z - z_{0i}\right),\end{gathered} \quad (5)$$

где $\delta\left(z - z_{0i}\right)$ — дельта-функция, характеризующая силовое воздействие на колесо; κ^* — количество колёсных пар.

Подобное представление силового воздействия со стороны колёсных пар на рельс обосновано тем, что составляющие силового воздействия действуют со стороны колёсных пар независимо. Можно предположить, что координата приложения силового воздействия со стороны первой колёсной пары равна расстоянию от переднего лобового стекла до оси колеса l_0. Для последующих колёсных пар координаты приложения силового воздействия равны (соответственно)

$$l_i = l_0 + h_i\,,$$

где h_i — расстояние от оси первой колёсной пары до оси следующей, м.

Учитывая, что вибрации рельса возбуждаются силовым воздействием со стороны подвижного состава, и используя метод разделения переменных (метод Фурье), получим следующие системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{gathered}\rho\left[J_x\left(\frac{\pi k}{l}\right)^2 + F\right]\frac{d^2\xi}{dt^2} + \left[EJ_x\left(\frac{\pi k}{l}\right)^4 + j_x\right]\xi =\\ = \frac{2P_y}{l\kappa^*}\sum_{k=1}^{\infty}\sin\frac{\pi kV}{l}t\left[\sin\frac{\pi kl_0}{l} + \sin\frac{\pi k\left(l_0 + l_1\right)}{l} + \ldots\sin\frac{\pi k\left(l_0 + l_k\right)}{l}\right];\\ \rho\left[J_y\left(\frac{\pi k}{l}\right)^2 + F\right]\frac{d^2\varepsilon}{dt^2} + \left[EJ_y\left(\frac{\pi k}{l}\right)^4 + j_y\right]\varepsilon =\\ = \frac{2P_x}{l\kappa^*}\sum_{k=1}^{\infty}\sin\frac{\pi kV}{l}t\left[\sin\frac{\pi kl_0}{l} + \sin\frac{\pi k\left(l_0 + l_1\right)}{l} + \ldots\sin\frac{\pi k\left(l_0 + l_k\right)}{l}\right],\end{gathered} \quad (6)$$

где V — скорость движения состава, м/с; k — коэффициент, характеризующий соответствующую моду собственных колебаний рельса.

Решение уравнений колебаний рельса относительно виброскорости в направлении осей координат *OX* и *OY* имеет следующий вид:

$$\frac{\partial\xi}{\partial t}=\sum_{k=1}^{\infty}\frac{\frac{2\pi P_y kV}{\kappa^* l^2}\cos\frac{\pi kV}{l}t\sin\frac{\pi kz}{l}\left(\sin\frac{\pi k l_0}{l}+...+\sin\frac{\pi k\left(l_0+l_k\right)}{l}\right)}{EJ_x\left(\frac{\pi k}{l}\right)^4+j_x-\rho\left[EJ_x\left(\frac{\pi k}{l}\right)^2+F\right]\left(\frac{\pi kV}{l}\right)^2}\sin\frac{\pi kz}{l};$$

$$\frac{\partial\varepsilon}{\partial t}=\sum_{k=1}^{\infty}\frac{2\pi P_x V}{\kappa^* l^2}\frac{k\cos\frac{\pi kV}{l}t\sin\frac{\pi kz}{l}\left(\sin\frac{\pi k l_0}{l}+...+\sin\frac{\pi k\left(l_0+l_k\right)}{l}\right)}{EJ_y\left(\frac{\pi k}{l}\right)^4+j_y-\rho\left[EJ_y\left(\frac{\pi k}{l}\right)^2+F\right]\left(\frac{\pi kV}{l}\right)^2}\sin\frac{\pi kz}{l}. \quad (7)$$

Для теоретических расчётов спектров шума целесообразно амплитудное максимальное значение среднеквадратичной виброскорости, т. е.

$$V_r=\sqrt{\left(\frac{\partial\xi}{\partial t}\right)^2_{\max}+\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial t}\right)^2_{\max}}\,. \quad (8)$$

Таким образом, полученные зависимости позволяют определить создаваемое рельсом звуковое давление и его уровни на каждой собственной частоте колебаний в зависимости от геометрических, механических параметров, скорости движения локомотива. Для расчёта звукового давления по формуле (2) частота колебаний рельса фактически задаётся коэффициентом k, т. е. для первой собственной моды $k = 1$, для второй $k = 2$ и т. д. В формулу (4) непосредственно входит частота собственных колебаний, и для её определения воспользуемся данными работы В. З. Власова [4]. Частоты собственных колебаний находим из уравнения свободных колебаний:

$$EJ_x(z)\frac{\partial^4\xi}{\partial x^4}-\rho J_x(z)\frac{\partial^4\xi}{\partial z^2\partial t^2}+\rho F(z)\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2}+j\xi=0;$$

$$EJ_y(z)\frac{\partial^4\varepsilon}{\partial x^4}-\rho J_y(z)\frac{\partial^4\varepsilon}{\partial z^2\partial t^2}+\rho F(z)\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial t^2}+j\varepsilon+a_y\rho F(z)\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2}=0; \quad (9)$$

$$a_y\rho F(z)\frac{\partial^4\varepsilon}{\partial t^4}+EJ_\omega(z)\frac{\partial^4\theta}{\partial z^4}-GJ_d\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}-\rho J_\omega(z)\frac{\partial^4\theta}{\partial z^2\partial t^2}+r^2\rho F(z)\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2}=0.$$

Первое из выражений (9) содержит лишь частные производные функции $\xi(z,t)$ и представляет собой уравнение изгибных вынужденных колебаний. Второе и третье выражения образуют систему дифференциальных уравнений и определяют совместно с граничными условиями пространственные изгибно-крутильные колебания. Соотношения жёсткостей заготовок и опор заданы таковыми, что последние могут рассматриваться как шарнирные. При таком допущении граничные условия имеют вид:

$$\text{при } z=0,\ \varepsilon=\xi=\theta=0;\quad \frac{\partial^2\varepsilon}{\partial z^2}=\frac{\partial^2\xi}{\partial z^2}=\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}=0,$$

$$\text{при } z=l,\ \varepsilon=\xi=\theta=0;\quad \frac{\partial^2\varepsilon}{\partial z^2}=\frac{\partial^2\xi}{\partial z^2}=\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}=0. \quad (10)$$

Решение системы (9) представлено следующим образом:

$$\varepsilon(z,t)=\sum_{k=1}^{\infty}\varepsilon(t)\sin\lambda_k z,$$

$$\xi(z,t)=\sum_{k=1}^{\infty}\xi(t)\sin\lambda_k z, \quad (11)$$

$$\theta(z,t)=\sum_{k=1}^{\infty}\theta(t)\sin\lambda_k z.$$

где $\lambda_k = \frac{\pi k}{l}$ (k = 1, 2, 3, …).

В результате подстановки выражения (11) в систему (9) получены следующие уравнения:

$$EJ_x(z)\lambda_k^4\xi(t) + \rho\left(J_x(z)\lambda_k^2 + F(z)\frac{d^2\xi(t)}{dt^2}\right) + j_x = 0,$$
$$EJ_y(z)\lambda_k^4\varepsilon(t) + \rho\left(J_y(z)\lambda_k^2 + F(z)\frac{d^2\varepsilon(t)}{dt^2}\right) + j_y + a_y\rho F(z)\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = 0, \quad (12)$$
$$a_y\rho F(z)\frac{d^2\varepsilon(t)}{dt^2} + \left(EJ_\omega\lambda_k^4 + GJ_d\lambda_k^2\right)\theta(t) + \rho\left(J_\omega\lambda_k^2 + r^2F(z)\right)\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = 0.$$

Общее решение однородных уравнений (12) получено в виде простых гармонических колебаний:

$$\xi(t) = A^*\sin k_k t,$$
$$\varepsilon(t) = B^*\sin k_k t, \quad (13)$$
$$\theta(t) = C^*\sin k_k t.$$

Тогда система (12) принимает следующий вид:

$$\left[EJ_x(z)\lambda_k^4 - \rho\left(J_x(z)\lambda_k^2 + F(z)k_k^2\right) + j_x\right]A^* = 0;$$
$$\left[EJ_y(z)\lambda_k^4 - \rho\left(J_y(z)\lambda_k^2 + F(z)k_k^2\right) + j_y\right]B^* - a_y\rho F(z)k_k^2C^* = 0; \quad (14)$$
$$-a_y\rho F(z)k_k^2B^* + \left[EJ_\omega(z)\lambda_k^4 + GJ_d(z)\lambda_k^2 - \rho\left(J_\omega(z)\lambda_k^2 + r^2F(z)k_k^2\right)\right]C^* = 0.$$

Частоты собственных колебаний получим, приравнивая к нулю определитель системы уравнений (14), составленный из коэффициентов A^*, B^*, C^*.

Каждому значению, характеризующему форму колебаний, соответствуют три частоты свободных колебаний k_{k1}, k_{k2}, k_{k3}. Первая частота соответствует изгибным колебаниям, вторая и третья — сложным изгибно-крутильным колебаниям.

Фактически расчёт виброакустических характеристик на каждой собственной частоте колебаний и даёт возможность теоретического определения спектров вибрации и шума (октавных или третьоктавных). Для этого расчётные уровни звукового давления энергетически суммируются по соответствующим полосам октавных или третьоктавных диапазонов. Чтобы выбрать наиболее рациональный вариант систем шумовиброзащиты, необходимо сравнить полученные уровни с предельно допустимыми и выделить частотные области, в которых вибрация и шум превышают санитарные нормы.

Как видно из полученных зависимостей, реально снизить шум и вибрацию рельса можно только изменяя его диссипативные свойства, в том числе у основания рельса. Фактически диссипативные свойства рельса и основания не учтены в зависимостях виброскоростей и, следовательно, звукового давления. Для этого воспользуемся известным приёмом и представим модуль упругости и жёсткость основания в комплексной форме [5]

$$\tilde{E} = E\left(1 + i\eta_1\right);$$
$$\tilde{j} = j\left(1 + i\eta_2\right),$$

где η_1 и η_2 — эффективные коэффициенты потерь колебательной энергии рельса и подрельсового основания.

В этом случае после преобразований получим

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = \frac{2\pi V P_y}{\kappa^* l^2} \sum_{k=1}^{\infty} k \left\{ \left[EJ_x \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 + j_x \right]^2 - \rho^2 \left[J_x \left(\frac{\pi k}{l} \right)^2 + F \right]^2 \left(\frac{\pi k V}{l} \right)^2 + \left[EJ_x \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 \eta_1 + j_x \eta_2 \right]^2 \right\}^{-1} \times$$

$$\times \exp i \operatorname{arctg} \frac{-\left[EJ_x \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 \eta_1 + j_x \eta_2 \right]}{\left[EJ_x \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 + j_x \right]^2 - \rho^2 \left[J_x \left(\frac{\pi k}{l} \right)^2 + F \right]^2 \left(\frac{\pi k V}{l} \right)^2},$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{2\pi V P_x}{\kappa^* l^2} \sum_{k=1}^{\infty} k \left\{ \left[EJ_y \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 + j_y \right]^2 - \rho^2 \left[J_y \left(\frac{\pi k}{l} \right)^2 + F \right]^2 \left(\frac{\pi k V}{l} \right)^4 + \left[EJ_y \left(\frac{\pi k}{l} \right)^2 \eta_1 + j_y \eta_2 \right]^2 \right\}^{-1} \times \quad (15)$$

$$\times \exp i \operatorname{arctg} \frac{-\left[EJ_y \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 \eta_1 + j_y \eta_2 \right]}{\left[EJ_y \left(\frac{\pi k}{l} \right)^4 + j_y \right]^2 - \rho^2 \left[J_y \left(\frac{\pi k}{l} \right)^2 + F \right]^2 \left(\frac{\pi k V}{l} \right)^4}.$$

Заключение. Полученные зависимости скоростей колебаний подставляются в формулу (4) и таким образом определяются спектры шума. Эти данные являются базовыми для расчёта спектров шума на рабочих местах локомотивных бригад и на территории застройки (в том числе жилой), близко расположенной к железнодорожному полотну. Кроме того, по формулам скоростей колебаний рельса определяются спектры виброскорости:

$$L_V = 20 \lg \frac{V_k}{5 \cdot 10^{-8}}.$$

И эти данные могут быть использованы при оценке воздействия вибраций на строения вблизи железнодорожного полотна.

Как видно из полученных зависимостей, снижения виброакустических характеристик рельса можно добиться за счёт увеличения диссипативных характеристик балластного слоя или самого рельса.

Библиографический список

1. Шендеров, Е. Л. Волновые задачи гидроакустики / Е. Л. Шендеров. — Ленинград : Судостроение, 1972. — 343 с.

2. Чукарин, А. Н. Теория и методы акустических расчётов и проектирования технологических машин для механической обработки / А. Н. Чукарин. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. — 152 с.

3. Ржевкин, С. Н. Курс лекций по теории звука / С. Н. Ржевкин. — Москва : Изд-во МГУ, 1960. — 335 с.

4. Власов, В. З. Избранные труды : в 3 т. / В. З. Власов. — Москва : Изд-во АН СССР, 1963. — Т. 2. — 507 с.

5. Иванов, Н. И. Основы виброакустики / Н. И. Иванов, А. С. Никифоров. — Санкт-Петербург : Политехника, 2000. — 482 с.

Материал поступил в редакцию 08.11.2012.

References

1. Shenderov, E.L. *Volnovyye zadachi gidroakustiki.* [Wave problems of hydroacoustics.] Leningrad: Sudostroyeniye, 1972, 343 p. (in Russian).

2. Chukarin, A.N. *Teoriya i metody akusticheskikh raschetov i proektirovaniye tekhnologicheskikh mashin dlya mekhanicheskoy obrabotki.* [Theory and techniques of acoustic calculations and design of technological machines for mechanical operation.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2005, 152 p. (in Russian).

3. Rzhevkin, S.N. *Kurs lektsiy po teorii zvuka.* [A course of lectures on sound theory.] Moscow: Izdatelstvo MGU, 1960, 335 p. (in Russian).

4. Vlasov, V.Z. *Izbrannyye trudy: v 3 t.* [Selecta: in 3 vol.] Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1963, vol. 2, 507 p. (in Russian).

5. Ivanov, N.I., Nikiforov, A.S. *Osnovy vibroakustiki.* [Outlines of acoustics.] Saint Petersburg: Politekhnika, 2000, 482 p. (in Russian).

VIBROACOUSTIC RAIL DYNAMICS SIMULATION ON SECTIONS WITH BALLAST LAYER

S. F. Podust
(LLC PC 'Novocherkassk Electric Locomotive Plant'),
D. A. Kuklin
(Baltic State Technical University)

Rails refer to the intensive sources of the acoustic radiation. In rail traffic, rails to a large extent form an acoustic field at the work places of locomotive crews, and in the adjacent residential area nearby the railway track. A considerable extended line source is taken as a noise source model. Analytical dependences of sound pressure are obtained. At determining vibration velocities, the rail ballast layer is represented as a partially open-shell profile. It has different inertia moments in the vertical and horizontal planes (OZ and OY), and it lies on the elastic dissipative foundation. The force impact is considered as the load moving along the rail at the speed of the rake traffic. The obtained analytical dependences of sound pressure permit engineering and dissipative characteristics of the rail and ballast layer, and they are base ones for calculating the noise emitted by the rail. Besides, on the basis of the obtained dependences of sound pressure, it is possible to estimate the vibration levels on the rail, and to use the data to solve the problem of vibration impact on the residential buildings located close to the railway track.
Keywords: *rail noise, rail vibration, ballast layer, elastic dissipative foundation, long noise source, sound pressure levels.*

УДК 631.363.285

Экспериментальные исследования гранулирующих форм отверстий в экструдере комбикормов для рыб

И. А. Хозяев, Д. В. Рудой
(Донской государственный технический университет)

Рассматривается влияние формы отверстия формующей матрицы шнекового экструдера на качество гранул комбикормов для рыб. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований. В виде уравнения описана форма поверхности отверстия матрицы, позволяющая получать равномерное давление прессуемого материала по всей длине отверстия. Получено криволинейное уравнение для определения производительности при равномерном распределении давлений в отверстии матрицы. Экспериментально определены величины давлений по длине отверстия и построены зависимости производительности и длины отверстия от давлений. Основные требования к качеству гранул связаны со спецификой кормления рыб: прочность, водостойкость, крошимость и плотность гранул. И формы отверстий оцениваются именно с точки зрения конечного качества комбикорма. Полученные результаты доказывают преимущества разработанного экспериментального отверстия по сравнению со стандартными формами. Во-первых, использование такого отверстия в экструдере повышает энергоэффективность процесса продавливания. Во-вторых, улучшается качество гранул.

Ключевые слова: *отверстие повышенной пропускной способности, гранулирование, комбикорм, фильера, шнековый пресс-гранулятор.*

Введение. Проблема кормления рыб включает такие аспекты, как разработка рецептуры комбикормов, прогресс в технологии кормления рыб на всех этапах их товарного выращивания, совершенствование технологических приёмов изготовления комбикормов.

Гранулирование широко используется в производстве кормов, топливных пеллет, лекарственных препаратов, минеральных удобрений и т. п. Преимущество гранулирования состоит в том, что у конечного продукта существенно ниже склонность к слёживанию. Это упрощает хранение, транспортировку и дозирование. Снижаются потери кератина. Однако у гранулирования комбикормов есть существенный недостаток — это энергозатратный процесс.

Целью работы является совершенствование технологического процесса гранулирования — снижение энергоёмкости и повышение качества гранул.

Основная часть. Распространённый вид гранулирующих устройств — шнековые прессы. Их преимущество — перемешивание продукта в процессе прессования, существенный недостаток — высокая энергоёмкость.

В результате проведённого анализа [1] было выявлено, что энергоёмкость процесса в значительной степени зависит от количества и формы отверстий в фильере.

Установлено, что для повышения качества гранул в процессе продавливания продукта необходимо обеспечить постоянное давление прессования в фильере по всей длине отверстия. Анализ работ по гранулированию показал, что при использовании цилиндрического, конического и других форм отверстий этого достичь невозможно. Однако похожие задачи решались при истечении сыпучих материалов из бункеров [2, 3]. Было определено, что форма отверстия с наибольшей пропускной способностью без потери давления соответствует уравнению кривой:

$$y = \frac{R}{\sqrt[4]{1 + 2 \cdot \pi^2 \cdot g \cdot \frac{R^4}{q_{пр}^2} \cdot x}}. \qquad (1)$$

где R — радиус входного сечения конического отверстия; g — ускорение силы тяжести; $q_{пр}$ — предельный расход.

Процесс гранулирования подобен гидравлическому истечению из отверстия, поэтому производительность истечения из отверстия можно определить по следующей формуле:

$$Q = \mu \cdot S_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} . \qquad (2)$$

где μ — коэффициент расхода; S_0 — площадь поперечного сечения отверстия; ΔP — расчётная разность давлений, под действием которых происходит истечение; ρ — плотность.

Энергоёмкость продавливания определяется работой прессования, равной произведению среднего усилия на путь прессования (3):

$$A = P \cdot S . \qquad (3)$$

где P — среднее давление; S — длина отверстия.

После проведённого анализа было создано экспериментальное гранулирующее отверстие (рис. 1, *г*).

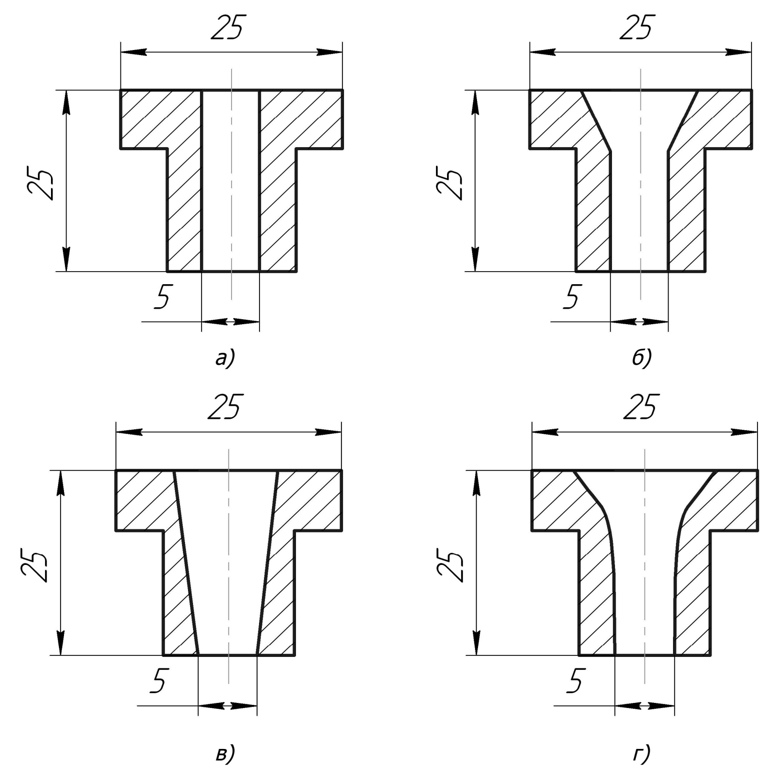


Рис. 1. Гранулирующие отверстия: цилиндрическое (*а*); цилиндрическое с коническим входом (*б*); коническое сужающееся (*в*); экспериментальное (*г*)

Для проведения экспериментальных исследований работы гранулирующих отверстий при нагрузках был создан стенд. Модель (рис. 2) отражает основные свойства шнекового пресса-гранулятора. Она представляет собой компрессионную камеру со сплошным цилиндром (1) и сплошным дном. Возможен выбор различных видов отверстий (2).

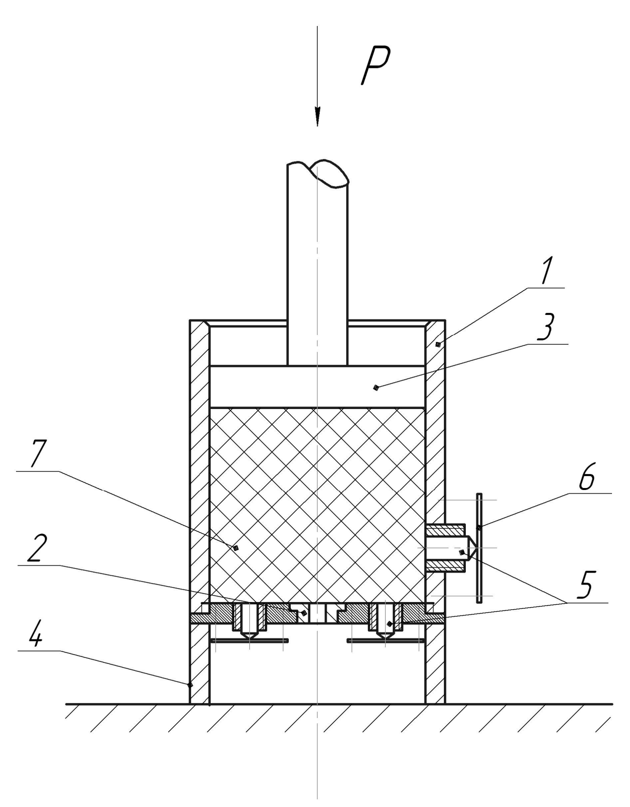


Рис. 2. Схема компрессионной камеры: 1 — цилиндр; 2 — сменная плашка с отверстием; 3 — поршень; 4 — опора; 5 — поршни тензоэлементов; 6 — тензобалки; 7 — прессуемый материал

Давление фиксировалось тензодатчиками, наклеенными на тензоэлементы в дне и на стенках цилиндра. Полученный с помощью усилителя сигнал обрабатывался специальной компьютерной программой *L-GraphII.*

В ходе экспериментов использовалась комбикормовая смесь, состоящая из муки рыбной (22 %), муки мясокостной (3 %), муки пшеничной (11,6 %), жмыха подсолнечного (28 %), масла подсолнечного (5 %), соевого шрота (30,4 %) [4]. Испытания проводились при влажности смеси *(W)* 30 %, диаметре отверстий *(d)* 5 мм, длине отверстий *(l)* 25 мм.

Стандартные отклонения и доверительные интервалы параметров гранул были определены при помощи программы Microsoft Excel 2007. Полученные данные представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Результаты экспериментальных данных

Отверстие[1]	Давление	Среднее значение *P*, МПа	Дисперсия	Стандартное отклонение	Доверительный интервал	*Qт*, кг/ч	*Qэ*, кг/ч	*А*, Дж
1	Радиальное	2,47	0,072	0,046	±0,053	3,68	3,7	61,75
	Осевое	5,18	0,084	0,058	±0,066	7,7	7,75	129,5
2	Радиальное	2,30	0,071	0,045	±0,051	3,6	3,65	57,5
	Осевое	5,05	0,096	0,068	±0,077	7,9	7,96	126,25
3	Радиальное	2,13	0,070	0,045	±0,051	3,5	3,53	53,25
	Осевое	4,94	0,085	0,059	±0,067	8,1	8,12	123,5
4	Радиальное	2,25	0,064	0,037	±0,042	3,61	3,59	56,25
	Осевое	5,02	0,084	0,058	±0,066	8,05	8,02	125,5

[1] 1 — цилиндрическое, 2 — цилиндрическое с коническим входом, 3 — коническое, 4 — экспериментальное.

Из представленных результатов (табл. 1), видно, что у экспериментального отверстия работа *(А)* равна 125,5 Дж. Это больше, чем у конического (*А* = 123,5 Дж). Однако следует отметить, что при использовании экспериментального отверстия качество гранул выше.

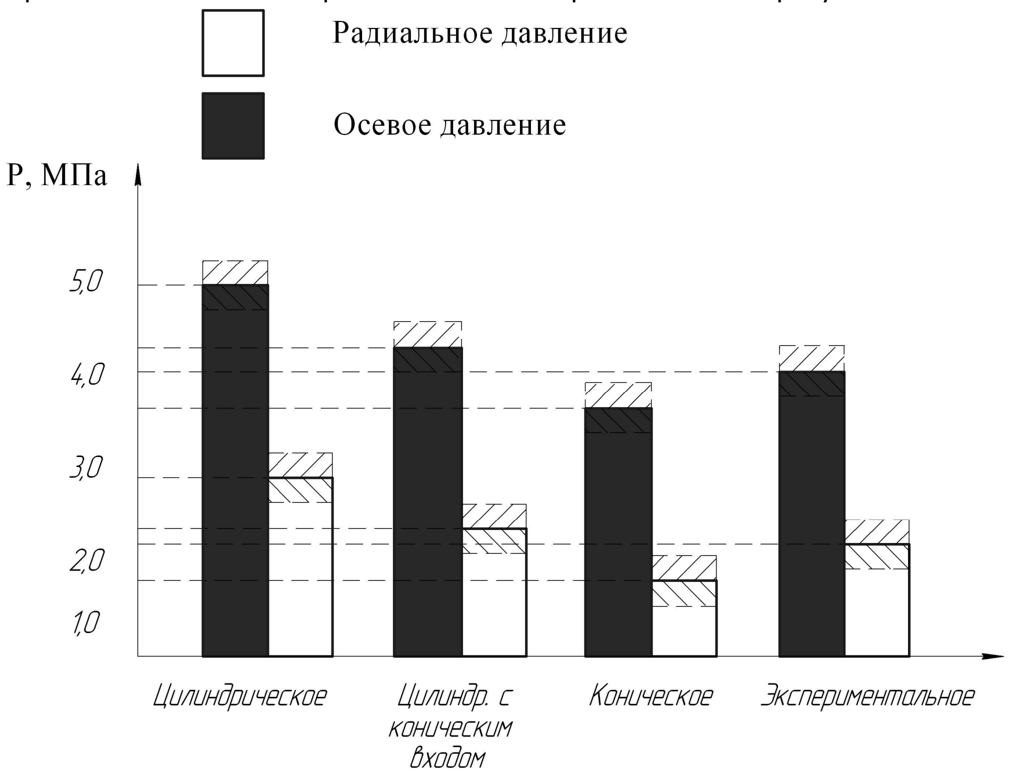


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований исследуемых отверстий

Из рис. 3, видно, что давление, создаваемое при гранулировании через экспериментальное отверстие, составляет 5,02 МПа. Это выше, чем у конического отверстия, на 2 %, но ниже, чем у цилиндрического, на 4 %.

На рис. 4 представлена зависимость распределения давления по длине отверстий различных форм.

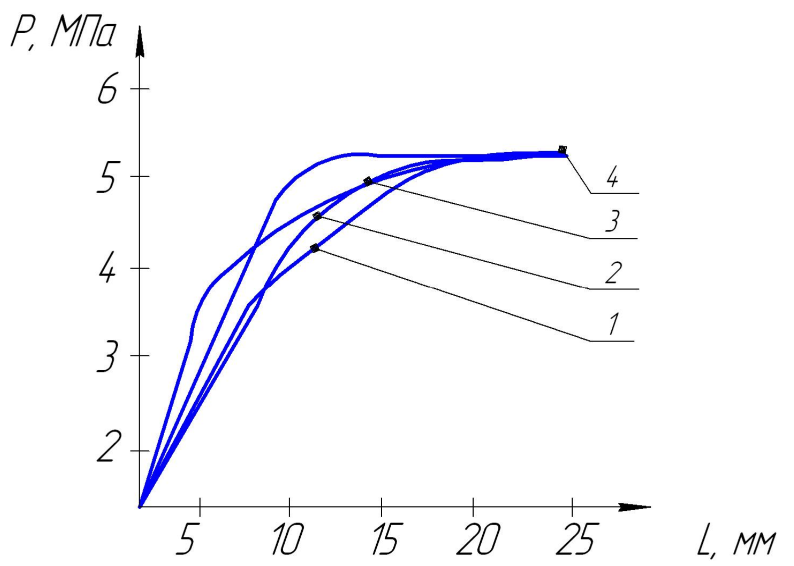


Рис. 4. График распределения давления по длине отверстий различных форм:
1 — цилиндрическое; 2 — цилиндрическое с коническим входом; 3 — коническое; 4 — экспериментальное

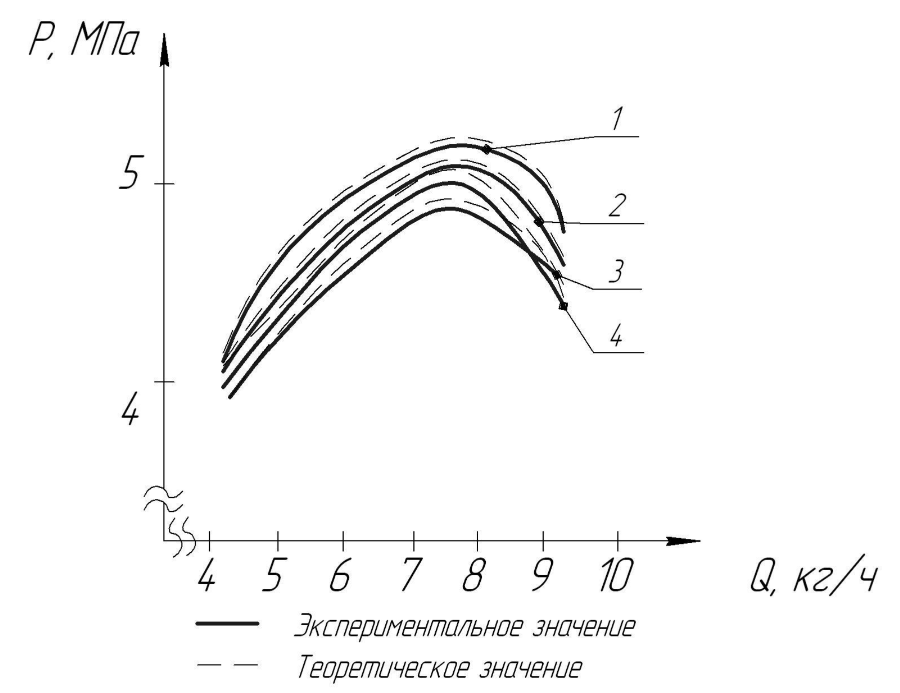


Рис. 5. Зависимость давления от производительности исследуемых форм отверстий:
1 — цилиндрическое; 2 — экспериментальное; 3 — коническое; 4 — цилиндрическое с коническим входом

Из рис. 5 видно, что при увеличении производительности давление сначала растёт, а затем с некоторого значения Q уменьшается. Очевидно, что при $Q = 0$ давление нарастает, а при $Q = Q_{max}$ — непрерывно падает.

При использовании конического отверстия достигается максимальная производительность $Q = 8{,}12$ кг/ч при минимальном давление $P = 4{,}94$ МПа, но качество полученных гранул хуже по сравнением с экспериментальной формой отверстия $Q = 8{,}02$ кг/ч и $P = 5{,}02$ МПа.

К гранулированным комбикормам для рыб предъявляются особые требования, связанные со спецификой кормления. Важный этап в производстве гранул — контроль качества.

Полученные гранулы были представлены на анализ по следующим параметрам [5]: влажность, крошимость, степень набухания, плотность, водостойкость. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты качественных показателей полученных гранул

Показатель	Тип отверстия			
	Цилиндрическое	Цилиндрическое с коническим входом	Коническое	Экспериментальное
Диаметр гранул, мм	5	5	5	5
Влажность, %	9,2	9,3	9,5	9,2
Крошимость, %	2,1	2,4	2,5	2,1
Степень набухания, %	34	34	45,7	34,2
Плотность, г/дм^3	1391	1235	1188	1398

Влажность полученных гранул не превышает 13,5 %, что соответствует ГОСТ 13496.3-92 [6]. Крошимость полученных гранул не превышает 8 %, что соответствует ГОСТ 28497-90 [7]. Плотность регламентируется по ГОСТ Р 52337-2005 и характеризуется процентным отношением массы гранул к разнице значения объёмов [8].

Полученные экспериментальные гранулы соответствуют технологическим требованиям и могут находиться в воде не менее 10 минут.

Выводы

1. Давление создаваемое при гранулировании через экспериментальное отверстие составляет 5,02 МПа, что выше, чем у конического на 2 %, но ниже чем у цилиндрического отверстия на 4 %.

2. При использовании конического отверстия, достигается максимальная производительность Q = 8,12 кг/ч при минимальном давление P = 4,94 МПа, но качество полученных гранул хуже по сравнением с экспериментальной формой отверстия (Q = 8,02 кг/ч и P = 5,02 МПа).

3. При использовании в устройстве экспериментального отверстия затрачиваемая работа больше, чем при использовании конического (A = 125,5 Дж и A = 123,5 Дж соответственно), при этом качество гранул выше.

4. Влажность полученных гранул не превышает 13,5 %, что соответствует ГОСТ 13496.3-92. Крошимость полученных гранул не превышает 8 %, что соответствует ГОСТ 28497-90. Применение экспериментального отверстия (в сравнении с отверстием конической формы) обеспечивает более высокую плотность гранул. Разница составляет 15 %. Полученные экспериментальные гранулы соответствуют технологическим требованиям в условиях аквакультуры и могут находиться в воде не менее 10 минут.

Библиографический список

1. Рудой, Д. В. Обзор и анализ конструкций рабочих органов шнековых пресс-грануляторов / И. А. Хозяев, Д. А. Яковлев // Инженерное обеспечение инновационного развития сельскохозяйственного производства : сб. науч. трудов 6-й Междунар. науч.-практ. конф. — Зерноград, 2011. — С. 50–55.

2. Гячев, Л. В. Основы теории бункеров / Л. В. Гячев. — Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. — 310 с.

3. Гячев, Л. В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Л. В. Гячев. — Москва : Машиностроение, 1968. — 184 с.

4. Хозяев, И. А. Разработка рецептуры рыбных комбикормов с заменой дорогостоящих белковых компонентов протеиновыми зелёными концентратами / И. А. Хозяев, Д. А. Яковлев // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2010. — С. 101–105.

5. Рудой, Д. В. Экспериментальные исследования процесса гранулирования кормосмеси на основе протеиновой зелёной пасты / Д. В. Рудой, Д. А. Яковлев, А. Г. Карапетьян // Инженерное обеспечение инновационного развития сельскохозяйственного производства : сб. науч. трудов 6-й междунар. науч.-практ. конф. — Зерноград, 2010. — С. 21–28.

6. ГОСТ 13496.3-92. Комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения влаги / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2011. — 4 с.

7. ГОСТ 28497-90. Комбикорма, сырьё гранулированные. Методы определения крошимости / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2006. — 4 с.

8. ГОСТ Р 52337-2005. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения общей токсичности / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2005. — 14 с.

Материал поступил в редакцию 19.11.2012.

References

1. Rudoy, D.V., Khozyayev, I.A., Yakovlev, D.A. *Obzor i analiz konstruktsiy rabochikh organov shnekovykh press-granulyatorov.* [Review and analysis of operative part structures of screw extruder-

granulators.] *Inzhenernoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya selskokhozyaystvennogo proizvodstva: sb. nauch. trudov 6-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Engineering assurance of farming development: Proc. VI Int. Sci.-Pract. Conf.] Zernograd, 2011, pp. 50–55 (in Russian).

2. Gyachev, L.V. *Osnovy teorii bunkerov.* [Bunker theory foundations.] Novosibirsk: Izd-vo Novosib. un-ta, 1992, 310 p. (in Russian).

3. Gyachev, L.V. *Dvizheniye sypuchikh materialov v trubakh i bunkerakh.* [Bulk materials flow in pipes and bunkers.] Moscow: Mashinostroyeniye, 1968, 184 p. (in Russian).

4. Khozyayev, I.A., Yakovlev, D.A. *Razrabotka retseptury rybnykh kombikormov s zamenoy dorogostoyashchikh belkovykh komponentov proteinovymi zelenymi kontsetratami.* [Fish mixed feed formulation with substitution of high-priced albinotic constituents for green protein concentrates.] *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya selskokhozyaystvennogo mashinostroyeniya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Status and development prospects of agricultural engineering: Proc. Int. Sci.-Pract. Conf.] Rostov-on-Don, 2010, pp. 101–105 (in Russian).

5. Rudoy, D.V., Yakovlev, D.A., Karapetyan, A.G. *Eksperimentalnyye issledovaniya protsessa granulirovaniya kormosmesi na osnove proteinovoy zelenoy pasty.* [Field research of feed mix pelleting on green protein paste basis.] *Inzhenernoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya selskokhozyaystvennogo proizvodstva: sb. nauch. trudov 6-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Engineering assurance of farming development: Proc. VI Int. Sci.-Pract. Conf.] Zernograd, 2010, pp. 21–28 (in Russian).

6. *GOST 13496.3-92. Kombikorma, kombikormovoye syrye. Metody opredeleniya vlagi.* [State standard 13496.3-92. Compound feeds, raw material. Methods for determination of moisture.] Federal Agency on Technical Regulation and Metrology. — Moscow: Standartinform, 2011, 4 p. (in Russian).

7. *GOST 28497-90. Kombikorma, syrye granulirovannyye. Metody opredeleniya kroshimosti.* [Granular mixed feeds, granular raw material. Methods of crumbling properties determination.] Federal Agency on Technical Regulation and Metrology. — Moscow: Standartinform, 2006, 4 p. (in Russian).

8. *GOST R 52337-2005. Korma, kombikombikorma, kombikormovoye syrye. Metody opredeleniya obshchey toksichnosti.* [Feeds, compound feeds, material for compounds feeds. Methods for the determination of common toxicity.] Federal Agency on Technical Regulation and Metrology. — Moscow: Standartinform, 2005, 14 p. (in Russian).

EXPERIMENTAL STUDIES ON PELLETIZING DIE HOLE CONFIGURATION IN EXTRUDER FOR FISH FORMULA FEED

I. A. Khozyayev, D. V. Rudoy
(Don State Technical University)

The effect of the die hole configuration in the screw extruder on the pellet quality of the fish formula feed is considered. The results of the corresponding theoretical and experimental research are presented. The surface form of the die hole that allow to produce uniform pressure of the pressable material throughout the hole length is equated. The curvilinear equation to determine the capacity under the even pressure distribution in the die hole is obtained. The pressure values along the hole length are determined experimentally, and the dependences of the hole capacity and the length on the pressures are developed. Basic requirements to the pellet quality are connected with the fish feeding specificity: durability, water resistance, crumbling, and density of pellets. The hole configuration is evaluated just according to the final quality of the mixed feed. The obtained results prove the advantages of the developed experimental die hole in comparison with the common forms. Firstly, the application of such hole in the extruder increases energy efficiency of the pressing-through process. Secondly, the pellet quality is improved.
Keywords: *high throughput hole, pelletization, mixed feed, die, screw cubing-and-pelleting press.*

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 165:502.131.1

Гносеологический оптимизм в познании основ экологической безопасности

Г. И. Колесникова, А. Б. Тазаян, А. Е. Аствацатуров
(Донской государственный технический университет)

В свете проблем экологической безопасности рассматриваются функции и роль гносеологического оптимизма, его место в современном рациональном познании. Показано, каким образом гносеологический оптимизм влияет на формирование современной научной картины экологической стабильности на планете. Приведены основные понятия экологической стабильности и безопасности. Они рассматриваются как теоретическая основа данного исследования. Цель работы — привлечение внимания к вопросам экологической безопасности планеты. Проблемы экологической безопасности ставят задачу поиска новых, нетрадиционных путей развития науки, которые позволят обществу выработать способы защиты от глобальных катастроф. Исследована актуальная проблема единства фундаментальных и философских знаний, ведущего к новому пониманию современных мировых кризисных ситуаций. Рассмотрены перспективы взаимопроникновения фундаментальных и философских знаний, сделан вывод о его больших потенциальных возможностях в управлении глобальными, в том числе кризисными процессами.
Ключевые слова: *философия, космогармония, глобализация, философия научного оптимизма, экологическая безопасность, экологическое сознание.*

Введение. Познание гармонической модели жизнедеятельности человека и природы, направление усилий всего общества на мировое образование космогармонического развития относятся к глобальным приоритетам защиты от техногенных катастроф.

Условием и решающим фактором обеспечения экологической безопасности в техносфере современной цивилизации является гносеологический оптимизм. В научно-техническом прогрессе он представляет собой устремлённую в бесконечность идею познания, преобразования и защиты общества от техногенных и природных катастроф. В наши дни это способствует формированию нового мировоззрения, а также прогрессу фундаментальных представлений, решительно ограничивающих идеи пессимизма.

Вспомним афоризм Экклезиаста: «Всё суета сует и всяческая суета!». Пессимистическое утверждение: «Всё суета и томление духа!» — оказало влияние на некоторые произведения Байрона, Шиллера, Леонарди, Пушкина, Лермонтова, Есенина, Ахматовой, Цветаевой и многих других. Мы не будем останавливать внимание на прекрасных творениях глубоко нравственного содержания целой плеяды поэтов, воспевающих мировую скорбь, — это уведёт нас далеко от темы исследования.

Будда возвёл пессимизм в ранг учения. Всякая сильная привязанность к земному — страдание. Рождение — страдание, старость — страдание, связь без любви — страдание, смерть — страдание. Этот пессимизм стал источником большинства пессимистических теорий Востока.

В книге «Этюды оптимизма» И. И. Мечников затронул интересную сторону пессимистического восприятия мира. Он показал, что авторы почти всех пессимистических теорий — молодые люди [1]. В пример приводятся Будда, Байрон, Леонарди, Шопенгауэр, Гартман, Майнлендер, Метерлинк и другие, менее известные имена. Эту же мысль поддерживает известный лейпцигский невропатолог П. Мёбиус: «В теории можно оставаться пессимистом, но чтобы быть пессимистом по чувству, надо быть молодым. Чем старше мы становимся, тем больше дорожим жизнью» [1].

Мёбиус, тщательно изучивший биографию и сочинения Шопенгауэра, утверждает, что к старости образ его мыслей принял оптимистический характер. Это, по мнению учёного, объясняется тем, что философ достиг возраста, когда развивается чувство жизни. Ибо, по выражению Мёбиуса, пессимизм — ступень юношеского возраста, в поздний период жизни уступающая место более светлому мировоззрению.

Однако такие бедствия, как аварии, катастрофы, стихийные катаклизмы, смерть, одинаково ужасны для людей всех возрастов и во всех слоях общества. Способность защищать себя и своих близких от смертельной опасности, пожалуй, врождённое свойство, и его, несомненно, можно совершенствовать. Поэтому молодым учёным и специалистам любой профессии следует внушать, что их пессимизм, если он имеет место, — явление временное, и по законам человеческой природы он рано или поздно уступит место более светлому миропониманию. В нашем случае это имеет прямое отношение к философии оптимизма в деле защиты общества от глобальных катастроф.

1. Философия научного оптимизма. Ясное и глубокое обоснование гносеологического оптимизма в классической науке и классической философии утвердилось в XVIII—XIX вв., когда наука начинает широко использовать гносеологические принципы, исключающие агностический пессимизм, а Гегель выдвигает аргументы против агностицизма. Но преобразования в классической науке происходили медленно, они отставали от практики развития техники, а выводы о безграничном и устремлённом в вечность развитии науки делались, опять-таки, на уровне высокой и малопонятной абстракции.

Иное дело — неклассическая наука. Здесь переориентация фундаментальных принципов — постоянное условие и неотъемлемый элемент динамики развития представлений о мире, о техническом и технологическом преобразовании цивилизации на основе этих пересмотренных, новых знаний. Каждый крупный шаг фундаментальных исследований являет ничем не ограниченное развитие научного прогресса. В данном случае может быть использована аналогия с локальным представлением неограниченности мирового пространства. Именно бесконечность прогресса в понимании Гегеля была истинной бесконечностью, отражающейся в каждом локальном шаге, в каждом конечном случае. Такая аналогия уместна лишь как простое пояснение современной ситуации: гносеологический оптимизм становится прямым выводом из развития науки и в большинстве случаев — условием и фактором ускорения научного и технического развития. Неклассическая наука сделала гносеологический оптимизм актуальной компонентой научного и технического оптимизма, опорой в творческих процессах создания средств защиты от опасностей техносферы. Говоря о методологических основах познания, которые должны стать условием и фактором ускорения научно-технического прогресса и ключом к решению проблем безопасности, нельзя оставить без внимания существующие формы гносеологического пессимизма.

Пессимизм провозглашает заклятие: «Не знаем и не узнаем» (*Ignorabis et ignorabimus*). Этими словами в 1872 году Э. Дюбуа-Реймон закончил свою речь о границах познания. Эта (скорее, частная) форма гносеологического пессимизма заслуживает, на наш взгляд, пристального внимания и критического подхода. Дюбуа-Реймон утверждает, что познать природу вещей (*rerum natura*) невозможно. «Какова природа атома? — спрашивает он. — Какова природа ощущения?» Ответ: «Не знаем и не узнаем» [2].

Эта концепция вызвала в научных кругах различную реакцию. Представители фундаментальных наук принимали участие в полемике, не затрагивая вопроса: «Узнаем или никогда не узнаем то, что определяет нашу практику и технику?». Разумеется, представления о природе познания можно априорно проецировать и на технические науки. Однако, если речь идёт о безопасности жизнедеятельности в техносфере, необходимо выяснить, насколько правомерен гносеологический пессимизм в отношении научного и технического прогресса.

Для оценки концепции, устанавливающей границы познания и отрицающей его безграничность и бесконечность, посмотрим, как ставил задачу Дюбуа-Реймон. Гносеологический пессимизм привёл его к «открытию» тупика познания. На наш взгляд, достаточно чёткую оценку пессимистической концепции дал Б. Г. Кузнецов: «Для Дюбуа-Реймона прогресс науки состоит в обнаружении механической основы явлений — положений, скоростей и ускорений тел, т. е. их поведения и сил, которые могут быть определены положениями и скоростями тел» [2].

Таким образом, данный подход ограничивается конкретными задачами. С одной стороны — это определение положения тел по силам, с другой — определение сил по положению тел. Эти вопросы Ньютон рассматривал в «Математических началах натуральной философии». Последующее развитие науки обогатило это направление определением сил по скорости, которые, в свою очередь, оказались зависящими от движения тел. На таких представлениях основана механическая картина мира, в которой отражены лишь движущиеся тела и силы их взаимодействия. Однако ни движения частиц, ни их взаимодействие не могут объяснить, что представляет собой частица.

Классическая философия, обобщавшая развитие классической науки в XIX в., выходила из пессимистического тупика. Новая картина мира и объяснение *rerum natura* уже не ограничивались объяснением движения и взаимодействия тел исходя из действия внешних сил. Неклассическая наука пошла дальше: новая физика в теории относительности и квантовой механике выбрала путь, не предусмотренный Ньютоном. Изменились физические представления о пространстве, времени, массе, действии, и на них основано более сложное представление о мире. Но это вовсе не означало крушения Ньютоновой механики. Законы Ньютона обратились из общих в предельные, справедливые для относительно малых скоростей и больших объёмов. Теперь физика представляет частицу как многосложное отображение бесконечного мира. Эта общая тенденция неклассической физики оказывается за пределами картины мира, в которой бытие частицы относится к её траекторному поведению. Видимо, именно подобные представления классической науки привели к гносеологическому пессимизму.

2. Потенциальный источник защиты цивилизации от глобальных катастроф. Для человека небольшие скорости и большие объёмы представляются естественными, нормально вписывающимися в нашу практику и технику. Инженеру, создателю технических сооружений и сложных управляемых систем в техносфере, теория относительности и квантовая механика нужны в весьма малой степени, ибо в расчёты на основе Ньютоновой механики они могут внести бесконечно малую поправку. Нужно знать законы Ньютоновой механики, чтобы создавать новую, современную технику, возводить сооружения.

Однако накопление знаний, динамическое воздействие современной неклассической науки на развитие человеческого общества развеяли иллюзию завершённости классических моделей. Концепция дальнейшего продвижения познания, его принципиальной устремлённости в бесконечность стала в наше время основой научно-технического оптимизма. Именно неклассическая наука отвергает и предельные представления, и окончательно и бесповоротно данные методы, нормы и правила познания. Неклассическая наука посягнула на фундаментальные принципы науки. В дальнейшем мы постараемся показать, как познание, освобождаясь от всех абсолютных границ, становится потенциальным источником оптимизма, доказывая защищённость цивилизации от техногенных и иных катастроф.

Опирающийся на признание бесконечности познания, оптимизм, его методология связаны с целями науки и техники и направлены на многосложные проблемы безопасности жизнедеятельности человечества. Гносеологический оптимизм отрицает сложные эмоциональные оценки научных преобразований как причины человеческого одиночества и беспомощности. Такие идеи высказывал, например, Паскаль [3].

Однако этот оптимизм не лишён эмоциональной компоненты. Печальные ноты звучат в размышлениях видных учёных о разрушаемых классических ценностях. Например, Лоренц сокрушался, что не умер до раскола в физике, воспринятого им как крушение. Тем не менее даже такие авторы с удовлетворением отмечают неразрушимость фундаментальных ценностей.

Пессимизм — это основа пораженческих настроений. Если человека или общество убеждать, что справиться с проблемами экологии невозможно, то ожидание неудачи программирует поражение и перечёркивает усилия, направленные на выход из кризиса. Желание, стремление, убеждённость, постижение и ожидание являются составляющими оптимизма, веры, которые дают возможность реализовать программы предотвращения глобальной экологической катастрофы. Вот почему борьба за выживание должна включать в себя и компоненты научно обоснованного оптимизма, укреплённого волей к преодолению противоречий, и решению экологических проблем в объективном и субъективном мирах.

Философия оптимизма безопасности развития цивилизации предполагает, прежде всего, отказ от презумпции безнадёжности, от пассивного восприятия окружающего мира. Чтобы познание продвигалось к цели, к достижению истины, оно должно быть активным. Познание должно сливаться с действием, укрепляя свою уверенность в бытии и неограниченной познаваемости мира. Такой подход можно назвать *гносеологическим оптимизмом*. Это и есть методологическая основа философии экологической безопасности современной цивилизации.

3. Оптимизм в концепции защиты от экологической опасности. Утверждая экологическую безопасность современного человечества, философия оптимизма должна рассматривать опасные для жизни явления как часть единой системы жизнедеятельности общества и среды обитания, включая биосферу и техносферу планеты. В этой связи концепция гносеологического оптимизма, рассматриваемая на материалах фундаментальных наук, в частности физики, связана с открытием закономерностей в биологии, медицине и других научных дисциплинах.

Для того чтобы убедиться в истинности нашего утверждения, обратимся к совершенно не связанным между собой научным открытиям в различных областях науки в XX веке.

Основные направления человеческой мысли определили такие понятия, как: относительность, кибернетика, принцип дополнительности. Сюда же можно отнести и стресс, представляющий опасность для людей в планетарном масштабе.

Выдающийся естествоиспытатель и мыслитель, канадский биолог и врач Ганс Селье (1907—1982) в ответ на первые же свои статьи о физиологическом стрессе получил письмо А. Эйнштейна, выразившего поддержку идеи «единой теории медицины».

Эйнштейн и Селье никогда не встречались. Теория стресса, в отличие от теории относительности, была разработана не для физических, а для биологических объектов. Однако исследования Селье стали прорывом в решении биологических и медицинских проблем, открыв реальные пути выхода из сложных ситуаций.

По убеждению Эйнштейна, существующий мир обладает рациональной структурой. В 1947 году он писал Максу Борну: «Ты веришь в играющего в кости Бога, а я — в полную закономерность в мире объективного сущего». Селье разделяет эту веру, если речь идёт о живой природе или о морально-этических нормах: «Я уверен, что любой принцип человеческого поведения должен быть основан на объективных биологических законах» [4].

В работе «Эволюция физики» Эйнштейн писал: «Без веры во внутреннюю гармонию нашего мира не могло бы существовать и науки». Сам Эйнштейн беззаветно верил в высшую гармонию существования вселенной и всю жизнь упорно искал пути к ней [4]. Селье многие годы своей творческой жизни также посвятил поиску гармонии человеческого существования, уделяя особое внимание разработке методов «нейтрализации последствий внутренней и внешней дисгармонии человеческой природы».

Создатели концепции устойчивого развития выдвинули тезис: «Природу нужно сохранять, а не изменять». Они предлагали воздерживаться от вмешательства в природу. Е. Я. Режабек, напротив, утверждает, что на смену неконтролируемому развитию должно прийти контролируемое. В условиях нарастающей катастрофы в биосфере он призывает отказаться от позиции стороннего наблюдателя и радикально изменить направленность «вектора соответствующего невмешательства» [5].

Мысли Е. Я. Режабека полностью согласуются с мнением В. С. Голубева: «Альтернатива стихийному, бездумному существованию человечества, неспособного осознать себя как нечто целостное, саморегулирующееся, единое, — это управляемое развитие, основанное на объективных законах природы и общества» [6]. С ними солидарен и Н. Н. Моисеев, заявивший о необходимости перехода человечества к новым гуманистическим принципам на новом этапе антропогенеза. Таким образом, Н. Н. Моисеев утверждает актуальность нового уровня морали и культуры [7]. В результате выражается уверенность в преодолении кризиса, ведущего к катастрофе в биосфере, возможность предотвращения деградации биоты. И опять вопрос: «Хватит ли сил у научного общества и российской общественности отказаться от кибернетического волюнтаризма, навязываемого стране под видом модели „устойчивого развития"?». На основании исследований приоритета оптимизма можем утверждать, что у научного общества и российской общественности хватит и сил воли выполнить свою миссию в решении глобальных проблем безопасности.

Заключение. Недостаточно отказаться от неэффективных решений, нужны прежде всего новые знания и высокая общая, в том числе духовная, культура.

Какова причина современных кризисов: экологического, экономического и других, ведущих к глобальным разрушениям? Несомненно, это следствие падения важнейших ценностей общества — нравственных и духовных. Человечество ориентировано на потребление, погрузилось в чувственные страсти. Это и есть основа нынешнего беспорядка. В этих условиях возрастает вероятность масштабных катастроф. От этого мы пытаемся бежать, используя все возможные формы бегства — социальные, экономические или религиозные.

Можно осуществить прогрессивный перелом, можно положить конец глобальным катастрофам и массовым жертвам, возникающим из-за несовершенства общества, порочных технологий и ошибок человека. Для этого социально-экономическое и экологическое развитие должны быть ориентированы на науку, образование и высокую духовность.

Приоритет мирового развития принадлежит государствам, способным обеспечить высокий уровень образованности и общей культуры своего населения. В таких странах развиваются современные технологии производства, наука и образование, выполняющие миссию созидательной силы цивилизации. Потенциальные возможности России во всех этих сферах неограниченны. Доступность образования — залог и гарантия восстановления лидерства нашей страны в мировом развитии [8].

Познание должно сливаться с действием. Оно должно укреплять свою уверенность в неограниченной познаваемости мира. Такой подход мы называем гносеологическим оптимизмом, выступающим методологической основой философии экологической безопасности современной цивилизации.

Философия оптимизма в концепциях экологической безопасности должна рассматривать наш мир как единую, целостную систему жизнедеятельности человечества и среды его обитания, включая биосферу и техносферу планеты.

Библиографический список

1. Мечников, И. И. Этюды оптимизма / И. И. Мечников. — Москва : Наука, 1988. — 328 с.
2. Кузнецов, Б. Г. Философия оптимизма / Б. Г. Кузнецов. — Москва : Наука, 1972. — 360 с.
3. Паскаль, Б. Мысли / Б. Паскаль. — Москва : REFL-book, 2000. — 528 с.

4. Кузнецов, Б. Г. Эйнштейн / Б. Г. Кузнецов. — Москва : Изд-во АН СССР, 1963. — 416 с.
5. Режабек, Е. Я. Концепция «устойчивого развития»: проблема достоверности выводов / Е. Я. Режабек. — Ростов-на-Дону : Логос, 1996. — 185 с.
6. Голубев, В. С. Человек в биосфере: время управляемого развития / В. С. Голубев // Вестник РАН. — 1992. — № 12. — С. 30.
7. Моисеев, Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума / Н. Н. Моисеев. — Москва : Языки русской культуры, 2000. — 223 с.
8. Аствацатуров, А. Е. Философия научного оптимизма в решении планетарных экологических проблем / А. Е. Аствацатуров. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2003. — 316 с.

Материал поступил в редакцию 21.09.2012.

References

1. Mechnikov, I.I. *Etyudy optimizma*. [Sketches of optimism.] Moscow: Nauka, 1988, 328 p. (in Russian).
2. Kuznetsov, B.G. *Filosofiya optimizma.* [Philosophy of optimism.] Moscow: Nauka, 1972, 360 p. (in Russian).
3. Pascal, B. *Mysli.* [Thoughts.] Moscow: REFL-book, 2000, 528 p. (in Russian).
4. Kuznetsov, B.G., Eynshteyn. [Einstein.] Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1963, 416 p. (in Russian).
5. Rezhabek, E.Y. *Kontseptsiya «ustoychivogo razvitiya»: problema dostovernosti vyvodov.* ["Sustainable development" conception: conclusions adequacy problem.] Rostov-on-Don: Logos, 1996, 185 p. (in Russian).
6. Golubev, V.S. *Chelovek v biosfere: vremya upravlyayemogo razvitiya.* [Man in biosphere: time of manageable development.] *Vestnik RAN*, 1992, no. 12, p. 30 (in Russian).
7. Moiseyev, N.N. *Sudba tsivilizatsii. Put razuma.* [Civilization's fate. Way of mind.] Moscow: Yazyki russkoy kultury, 2000, 223 p. (in Russian).
8. Astvatsaturov, A.E. *Filosofiya nauchnogo optimizma v reshenii planetarnykh ekologicheskikh problem.* [Scientific optimism philosophy in solution to planetary ecological problems.] Rostov-on-Don: DSTU Publ. Centre, 2003, 316 p. (in Russian).

EPISTEMOLOGICAL OPTIMISM IN COGNITION OF ECOLOGICAL SAFETY BASICS

G. I. Kolesnikova, A. B. Tazayan, A. E. Astvatsaturov
(Don State Technical University)

Functions and role of the epistemological optimism, its place in the modern disciplined inquiry are considered in view of ecological safety problems. The impact it produces on the process of building up a contemporary scientific view of the ecological stability on our planet is also described. Basic concepts of the environmental stability and safety are presented. They are considered as the theoretical basis for this research. The work objective is to draw attention to issues of the ecological safety of the planet. The ecological safety problems set the task of looking for new, unconventional ways of the science development which will allow the society create protection techniques against global catastrophes. The pressing challenge of the fundamental and philosophical knowledge unity leading to new comprehension of the current world crisis situations is studied. Some prospects of the fundamental and philosophical knowledge interpenetration are considered. The judgement on its great potentiality in the management of global processes including crisis ones is made.
Keywords: *philosophy, cosmoharmony, globalization, philosophy of scientific optimism, environmental safety, ecological consciousness.*

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 338.242.2

Анализ проявления факторов «Голландской болезни» в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре

Е. В. Бондарева, А. М. Овчаренко, Ю. И. Реутов
(Технопарк высоких технологий, г. Ханты-Мансийск),
Т. А. Грошева
(Институт развития образования, г. Ханты-Мансийск)

Описана полемика относительно применимости термина «Голландская болезнь» к российской экономике. Рассмотрена взаимозависимость динамики таких показателей, как цена на нефть, производительность труда и объём добычи полезных ископаемых. Отражена отрицательная динамика прямого влияния повышения цены нефти на заработную плату, что отражается на количестве работников нефтяной отрасли и производительности труда. Наличие внутриотраслевых и межотраслевых перекосов на примере тенденций развития нефтяной отрасли и отрасли розничной торговли является подтверждением теоремы Рыбчинского и свидетельствует о наличии «Голландской болезни» в экономике Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) — Югры. Проанализировано влияние факторов «Голландской болезни» на промышленность ХМАО — Югры, имеющую свои специфические особенности. Специфика экономики округа продемонстрирована на примере влияния нефтегазовой отраслевой направленности на состояние розничной торговли округа. Приведено сравнение показателей товарооборота регионов с низкой плотностью населения.
Ключевые слова: *«Голландская болезнь», теорема Рыбчинского, производительность труда, торгуемые товары, товарооборот.*

Введение. Термин «Голландская болезнь» в научной и популярной литературе упоминается достаточно часто, хотя мнения исследователей по вопросу о том, насколько она значима для России, расходятся, тем более что в последние годы не наблюдается явных признаков этой болезни и нет ощущения её серьёзной угрозы для страны [1]. Под «Голландской болезнью» в научной литературе понимается сокращение сектора рыночной экономики, выпускающего торгуемые (tradable) товары (Т-сектора), вследствие открытия и разработки месторождения газа, нефти и иного минерального сырья, либо повышения мировых цен на него [2, с. 247—248].

Применимость термина к условиям сырьевой экономики России. Высказывалось мнение, что «термин „Голландская болезнь" некорректно использовать для анализа ситуации в российской экономике» [1, с. 27], поскольку запасы нефти и газа были открыты и использовались в России ещё в советскую эпоху. Это возражение основано на использовании узкого определения понятия «Голландской болезни», как эффекта неожиданного открытия месторождений сырья. Однако многократный рост мировых цен создаёт в стране — чистом экспортёре сырья, эффекты, аналогичные последствиям наращивания добычи. Импорт нефти и газа в Россию незначителен, поэтому можно утверждать, что она являлась и является чистым экспортёром углеводородов, причём в очень значительных, с макроэкономической точки зрения, масштабах. При этом нужно учитывать, что речь идёт не только о негативных последствиях для макроэкономических условий развития страны, но и о глубоко диверсифицированных осложнениях для российских регионов, бизнеса, для рынков труда, для различных категорий работников предприятий и потребителей.

Согласно теореме Рыбчинского, быстрое развитие одних отраслей промышленности нередко угнетающе воздействует на другие. Рыбчинский показал, что существует прямая взаимо-

связь между ростом факторов производства в одной из отраслей и депрессией, или даже падением производства, в других [3].

Негативные тенденции экономики ХМАО — Югры как проявление «Голландской болезни». Далее показано наличие в нефтяной отрасли Югры негативной тенденции — опережающего роста численности занятых при снижении объёмов добычи и производительности труда, являющейся проявлением «Голландской болезни», вызванной существенным увеличением цен на нефть.

Одним из важных показателей, вызывающих озабоченность властей региона, является динамика индекса производительности труда: с каждым годом прирост производительности в этой отрасли всё меньше — от 9,2 % в 2003 году до 0,7 % в 2008 году, в то время как в экономике в целом производительность труда устойчиво росла в среднем на 6,4 % в год (по данным Росстата).

С 2004 года тенденцию к снижению демонстрирует и такой важный показатель, как добыча нефти на одного занятого в нефтяной сфере округа (рис. 2). Так, после резкого спада этого показателя в 2001 году до 1147 тонн на одного занятого, в 2006 году наблюдается наивысшее значение этого показателя, достигшего 1799 тонн на одного занятого. Однако в последующие годы наблюдается снижение, достигшее в 2008 году 1621 тонну на одного занятого (по данным Росстата).

Можно констатировать, что не только темпы производительности труда в нефтедобыче Югры снизились, но стала ниже и сама производительность, то есть, темпы оказались отрицательными (рис. 1).

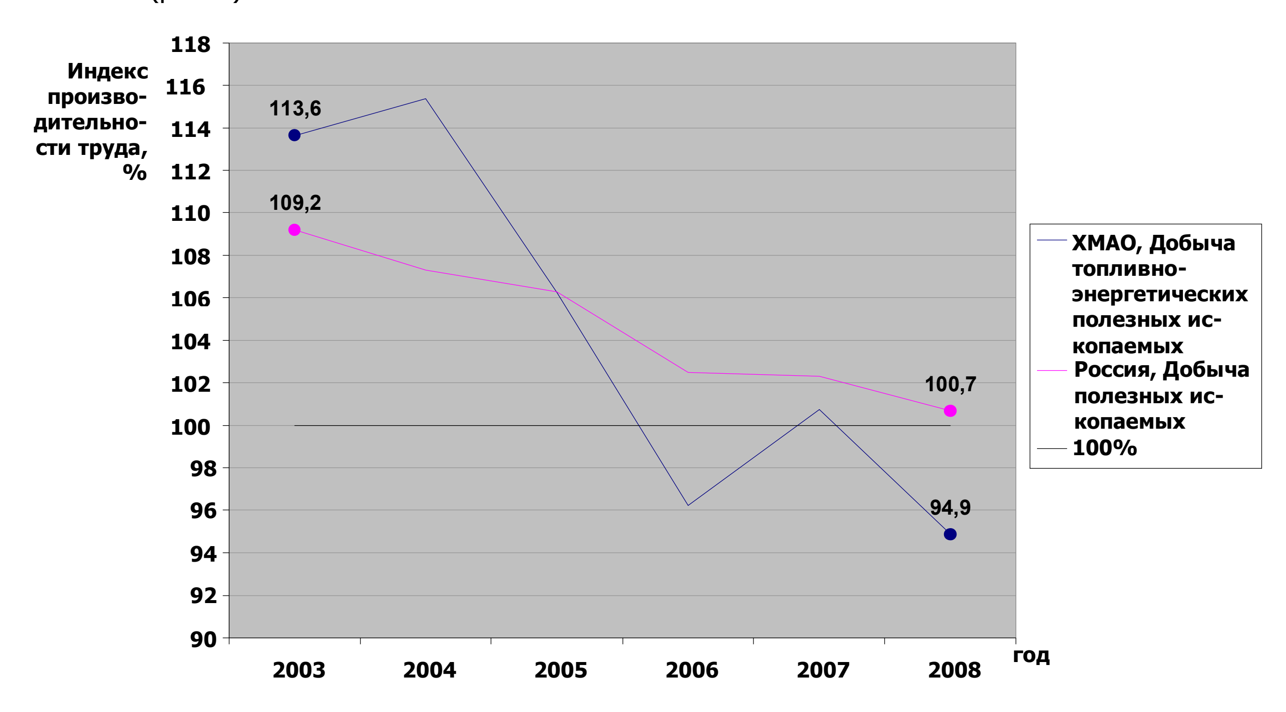


Рис. 1. Индекс производительности труда в РФ и ХМАО (составлено по данным Росстата)

Снизилась и доля сектора добычи полезных ископаемых в производстве регионального валового продукта Югры с 75 % в 2005 году до 66,4 % в 2008 году, то есть производительность других секторов экономики Югры оказалась выше. В то же самое время темпы прироста добычи нефти в Югре последовательно снижались (рис. 2), а в 2008—2009 годах снижались уже и абсолютные объёмы добычи (по данным Росстата).

Казалось бы, о каком росте такого фактора производства, как труд, можно говорить? Вместе с тем, статистика показывает рост числа занятых в нефтяной отрасли Югры.

Численность занятых в нефтяной сфере возросла со 149 тысяч в 2004 году до 169 тысяч в 2008 году. При этом рост происходил волнообразно, сокращение численности занятых в нефтегазовой сфере в 2006 году сменилось резким ростом, и после паузы в 2007-м, численность занятых вновь резко возросла в 2008 году, уже на фоне абсолютного снижения объёмов добычи (рис. 3).

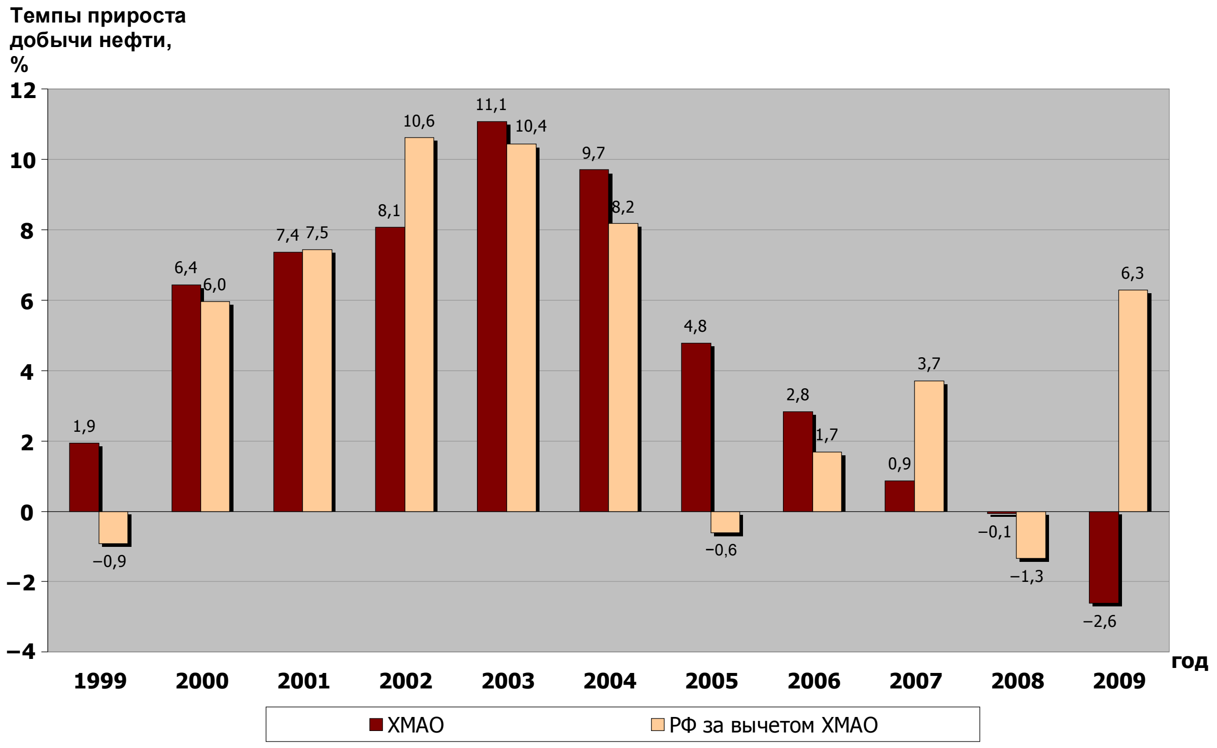


Рис. 2. Темпы прироста добычи нефти в ХМАО и в России за вычетом ХМАО (составлено по данным Росстата)

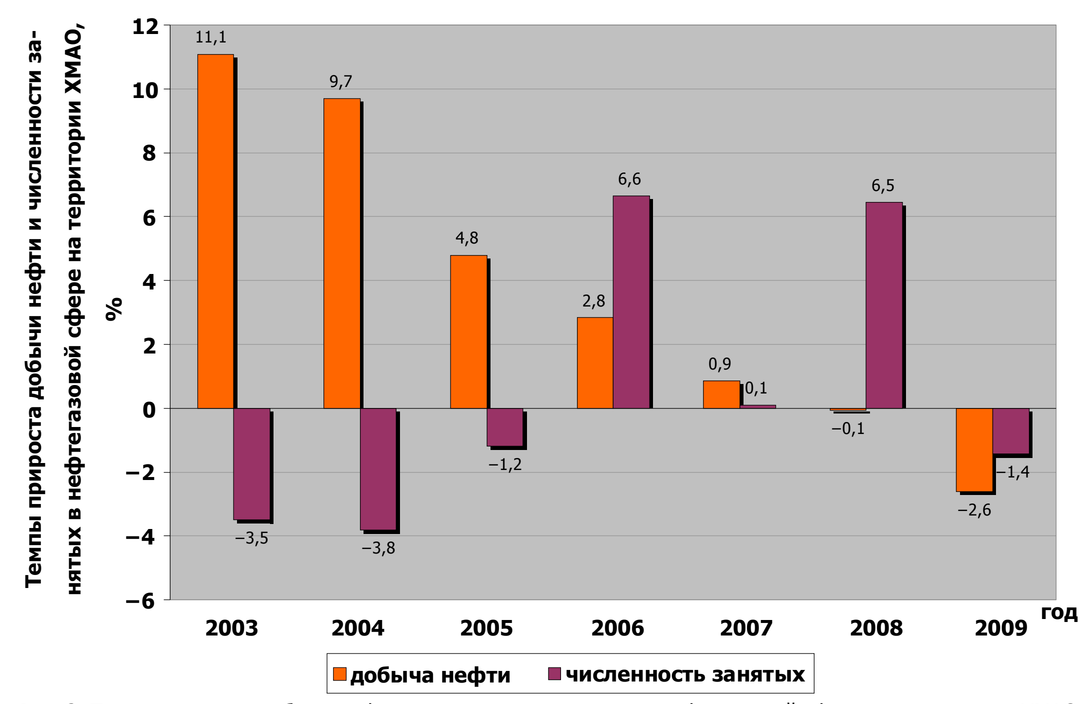


Рис. 3. Темпы прироста добычи нефти и численности занятых в нефтегазовой сфере на территории ХМАО (составлено по данным Росстата)

В то же время в других регионах России, добывающих нефть и газ, наблюдалась противоположная картина — объёмы добытой нефти росли, а численность занятых в нефтегазовой сфере снижалась. Таким образом, в середине 2008 года при плавном снижении объёмов добычи нефти и резком спаде объёмов добычи газа более чем на 5 %, численность занятых в нефтегазовой сфере выросла не менее, чем на 3 % (по данным Росстата).

Опираясь на приведённые данные, можно сделать вывод об избытке рабочей силы в нефтегазовой сфере Югры. Главной причиной данной тенденции является существенное превышение оплаты труда в нефтегазовой отрасли по сравнению с другими отраслями. При этом рост заработной платы не является экономическим стимулом в нефтегазовой отрасли Югры, поскольку не связан с изменением производительности труда (рис. 4), а зависит, в основном, от мировой цены нефти (рис. 5).

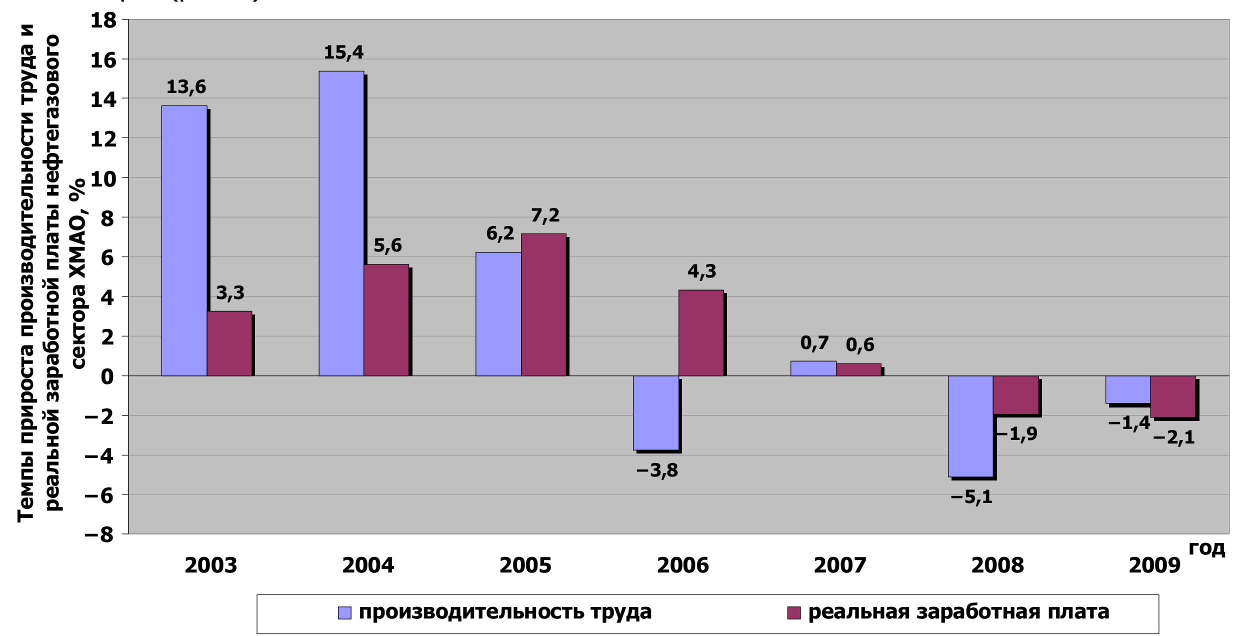


Рис. 4. Темпы прироста производительности труда и реальной заработной платы нефтегазового сектора ХМАО (составлено по данным Росстата)

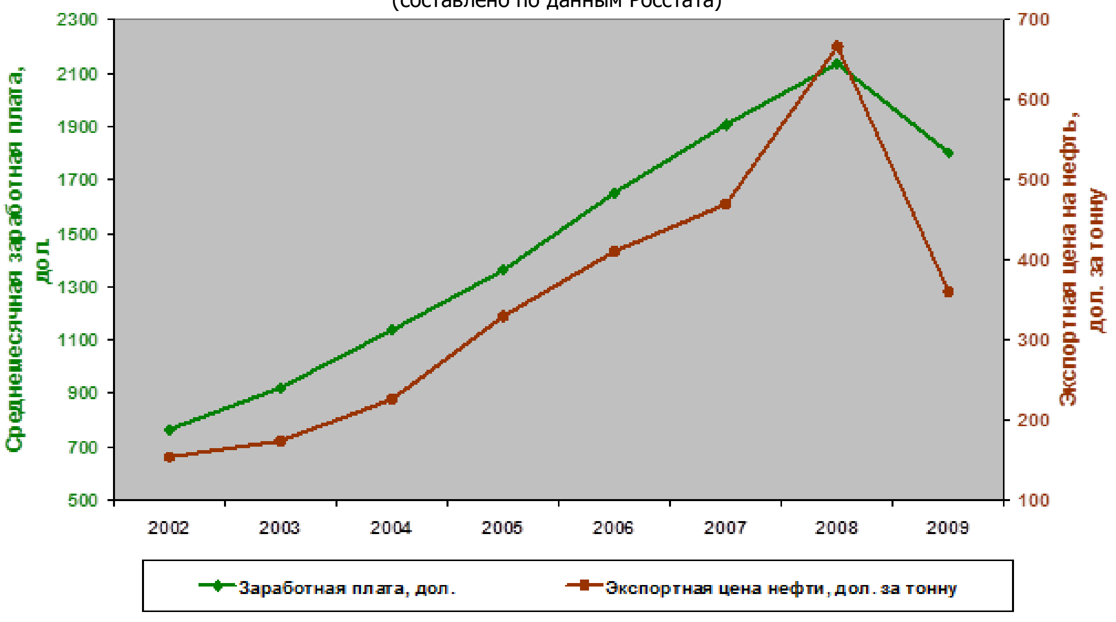


Рис. 5. Среднемесячная заработная плата в нефтегазовом секторе ХМАО и экспортная цена на нефть (составлено по данным Росстата)

Безусловно, анализ ситуации только по показателю средней зарплаты по отрасли даёт представление о самой общей картине. Но можно выдвинуть предположение, что рост цены на нефть стимулирует в первую очередь рост зарплат во всей нефтегазовой отрасли. Так если с 2005 по 2007 год численность работников отрасли добычи полезных ископаемых Югры, чья заработная плата составляла более 75 тыс. руб., изменилась несущественно — с 5530 до 5818 человек, то в 2009-м таких сотрудников стало 12004 человека. По всей видимости, зарплата не связана напрямую с экономической эффективностью отрасли.

Конечно, эта зависимость заработной платы от цены на нефть не является специфической для Югры, она характерна для всей нефтегазовой отрасли страны в целом. Последствия такого воздействия «Голландской болезни» — подавление инноваций, поддержание низкой производительности труда и уровня жизни, торможение экономического роста и модернизации экономики округа.

Рассмотрим воздействие исследуемых проявлений «Голландской болезни» на другие отрасли экономики округа.

Депрессивное состояние лесной и рыбной отраслей округа, сформировавшееся до начала добычи нефти, продолжается до сих пор, несмотря на многомиллионные бюджетные «вливания» [4, с. 16—18]. Более того, «Голландская болезнь» поразила отрасли экономики, не только выпускающие торгуемые (tradable) товары (Т-сектор), но и секторы услуг, например, сектор розничной торговли. Сектор розничной торговли в экономике Югры занимает меньшее место, чем в Российской Федерации. Если в России в данном секторе занято около 17 %, то в Югре — около 9 %.

Экономическое положение ХМАО по многим показателям принципиально отличается от положения в целом по России и уровнем, и динамикой. Например, чрезвычайно важным фактором, обеспечивающим рост розничного товарооборота, является постоянный положительный прирост населения. За 2002—2009 годы по показателю прироста населения впереди Югры (+7,3 %) только 2 субъекта Федерации: Ингушетия (+10,9 %) и Ямало-Ненецкий автономный округ (+7,3 %). Но при этом плотность населения в Югре остаётся одной из самых низких среди российских регионов, также как и показатель густоты автодорог с твёрдым покрытием, что, конечно, является большим препятствием для развития торговли. Прирост населения Югры в большей степени объясняется приростом занятости в сфере нефтедобычи. А вот численность торговых работников остаётся практически неизменной.

Такое исключительное положение Югры создаёт ситуацию, когда численность работников торговли на 1000 жителей является одной из наименьших среди российских регионов, а среднедушевой объём розничного товарооборота (РТО) — одним из наибольших. Другими словами, в 2002—2009 гг. индекс производительности труда по числу обслуживаемого населения, рассчитанный через рост индекса физического объёма РТО и индекса числа работников торговли на 1000 жителей, — один из самых высоких в РФ. Среди регионов с низкой плотностью населения только республика Алтай и Ямало-Ненецкий округ оказываются более производительными по этому сопоставлению.

В то же время, если доля зарплаты торговых работников в среднедушевом объёме РТО по России незначительно меняется на уровне 20 % с тенденцией к повышению, то в Югре ситуация резко отличается: с 2002 года, когда этот показатель составлял 46,2 %, он снизился к 2009 году до 13,6 %.

Следовательно, относительные издержки на оплату труда сотрудников в торговой сфере Югры существенно ниже средних по России при заметно более высокой производительности труда по числу обслуживаемого населения (по данным Росстата).

Численность занятых в сфере торговли относительно всех занятых в экономике по России в целом растёт, а по Югре снижается. Так, за период с 2003 по 2008 год этот показатель по России возрос на 1,8 %, в то время как в Югре снизился на 0,7 %.

Заключение. Тот факт, что при росте численности работающих в нефтегазовой отрасли численность занятых в сфере торговли снижается, говорит о том, что имеет место межотраслевой перекос. В регионе с динамично растущей численностью населения отмечается снижение численности в обслуживающем секторе экономики, таком как торговля. Такое парадоксальное явление говорит о том, что при наличии «Голландской болезни» даже незыблемое правило о зависимости предложения от спроса приобретает специфические очертания. Указанные выше тенденции развития нефтяной отрасли и отрасли розничной торговли в Югре подтверждают теорему Рыбчинского и свидетельствуют о наличии «Голландской болезни» в экономике ХМАО — Югры.

Библиографический список

1. Гайдар, Е. Т. Восстановительный рост и некоторые особенности современной экономической ситуации в России / Е. Т. Гайдар // Вопросы экономики. — 2003. — № 5. — С. 4–18.

2. Gylfason, T. Lessons from the Dutch Disease: Causes, Treatment, and Cures / Institute of economic studies. Working paper series. W01:06. August 2001.

3. Wijenbergen, S. Inflation, Employment and the Dutch Disease in Oil-Exporting Countries: A Short-Run Disequilibrium Analysis // The Quarterly Journal of Economics. — May 1984. — Vol. 99, No. 2.

4. Самуэльсон, П. Экономика / П. Самуэльсон. — Москва : Прогресс, 1964. — 779 с.

5. Куриков, В. М. Диверсификация и модернизация экономики нефтегазодобывающего региона / В. М. Куриков, С. А. Наумов // Экономика и управление. — 2011. — № 2. — С. 16–20.

Материал поступил в редакцию 22.10.2012.

References

1. Gaydar, E.T. *Vosstanovitelnyy rost i nekotoryye osobennosti sovremennoy ekonomicheskoy situatsii v Rossii.* [Recovery growth and some features of modern economic situation in Russia.] *Voprosy ekonomiki*, 2003, no. 5, pp. 4–18 (in Russian).

2. Gylfason, T. Lessons from the Dutch Disease: Causes, Treatment, and Cures. Institute of economic studies. Working paper series. W01:06. August 2001.

3. Wijenbergen, S. Inflation, Employment and the Dutch Disease in Oil-Exporting Countries: A Short-Run Disequilibrium Analysis — The Quarterly Journal of Economics, May 1984, vol. 99, no. 2.

4. Samuelson, P. *Ekonomika.* [Economics.] Moscow: Progress, 1964, 779 p. (in Russian).

5. Kurikov, V.M. *Diversifikatsiya i modernizatsiya ekonomiki neftegazodobyvayushchego regiona.* [Diversification and modernization of economy of oil and gas production region.] *Ekonomika i upravleniye*, 2011, no. 2, pp. 16–20 (in Russian).

ANALYSIS OF DUTCH DISEASE FACTORIAL DEVELOPMENT IN KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS DISTRICT — YUGRA

E. V. Bondareva, A. M. Ovcharenko, Y. I. Reutov
(High Technology Park, Khanty-Mansiysk),
T. A. Grosheva
(Institute for Educational Studies, Khanty-Mansiysk)

The polemics relative to the applicability of the 'Dutch disease' term to the Russian economy is described. The dynamics interdependence of such indicators as oil price, labour productivity, and mineral output is considered. The negative impact of the oil price increase on wages that affects the number of oil workers and the labour productivity is featured. The availability of intra- and interbranch skewness through the example of the oil and retail industrial trends bears witness to Rybczynski theorem and shows that there is Dutch disease in Khanty-Mansiysk Autonomous District (KhMAD) – Yugra economy. The Dutch disease factors impact on the KhMAD – Yugra industry with its unique features is analyzed. The specific nature of the district economy is shown through the example of the influence of the oil-and-gas branch orientation on the retail condition. The commodity turnover figures of the regions with underpopulation are compared.

Keywords: *Dutch disease, Rybczynski theorem, labour productivity, tradable goods, turnover.*

УДК 338.46:658.6

Инновационный интерфейс научно-образовательного процесса: сущность и перспективы развития

М. А. Изотов, Б. Ч. Месхи
(Донской государственный технический университет)

На современном этапе развития экономики России повышению эффективности и конкурентоспособности народного хозяйства способствует образование в его неразрывной связи с наукой и производством. В результате взаимодействия научно-исследовательских, конструкторских отделов промышленных предприятий и ведущих технических университетов образуются интегрированные структуры, формируется новый подход к трансферу результатов научно-технической деятельности. Задачи, стоящие перед интегрированным университетским комплексом, включают не только подготовку высококвалифицированных специалистов, но и реализацию учебно-научно-инновационных проектов. Анализ современных моделей инновационной инфраструктурной деятельности корпоративных образовательных структур показывает, что они основываются на трёх основных технологиях: интеллектуальной, управленческой и информационной. Инновационный тип развития кроме организационных предпосылок требует комплексного ресурсного обеспечения и экономической устойчивости хозяйственных систем. Сложность ресурсного обеспечения обусловлена существенной ресурсоёмкостью инновационных процессов инфраструктуры. Интерфейс выступает и как способ соединения, и как место связи инновационных функций, а его архитектура в целом является сервис-ориентированной.

Ключевые слова: *интегрированное образовательное учреждение, инновационно активные предприятия, инновационная инфраструктура, научно-образовательный процесс, интерфейс.*

Введение. Природа университета такова, что обучение в нём строится на фундаментальных научных исследованиях. Поэтому университетам более, чем другим академическим учреждениям, приходится расширять сферу деятельности во всех доступных направлениях, чтобы поддерживать доходы на уровне, необходимом для выживания. В отечественной и зарубежной науке и практике в должной мере не рассматриваются вопросы создания интегрированных структур, соответствующих термину «научно-исследовательский университет» [1, 2]. На современном этапе в России решаются проблемы комплексного формирования и развития науки и образования. При этом невелико число публикаций, рассматривающих опыт создания интегрированных научно-образовательных комплексов — научно-исследовательских университетов. Как правило, подобные работы содержат сведения общего характера. В них не исследуются особенности функционирования таких комплексов, взаимодействия структур, входящих в их состав. Этим обусловлена актуальность предлагаемой статьи.

Основная часть. Как показывает зарубежный опыт, ведущую роль в формировании интеллектуального потенциала территорий в настоящее время играют университеты, миссия которых состоит не только в образовательной деятельности. Университеты во многом определяют научно-исследовательскую и инновационную деятельность конкретных территорий. Концептуальные подходы к изучению научно-инновационной деятельности утверждают следующее [3].

1. Исследования научно-инновационной системы должны учитывать специфику переходного периода и его роль в рамках долгосрочного цикла.

2. Главной движущей силой инновационных процессов является совокупный рыночный спрос, в то время как другие экономические и институционально-правовые условия имеют подчинённое, второстепенное значение.

3. Современную научно-инновационную систему необходимо рассматривать как открытую сложную систему. Она функционирует в рамках социально-экономического комплекса территори-

ального образования. При этом данная система сохраняет относительную экономическую обособленность. Этим во многом определяется целостность и динамика развития научно-инновационного потенциала на региональном уровне.

Природно-климатические ресурсы идентифицируют Ростовскую область как управляющий центр зерно-масличного кластера юга России. Это предполагает развитие аграрного сектора и сельскохозяйственного машиностроения.

Базовый сценарий развития Ростовской области предполагает экономический рост за счёт:

— ускоренного развития транспортной инфраструктуры, логистики и пр.;

— формирования конкурентоспособных кластеров;

— восстановительного роста и технологической модернизации на предприятиях;

— создания новых производств (технологические и индустриальные парки, экономические зоны, бизнес-инкубаторы).

Ядро кластера сельхозмашиностроения включает в себя совокупность заводов различных форм собственности. Здесь занято более 10 тыс. чел. и выпускается продукции более чем на 9 млрд руб. Это четверть от общего объёма продукции машиностроения и металлообработки Ростовской области. Цель кластера — удержание лидирующих позиций на рынке (российском и СНГ) сельхозтехники, расширение зоны экспорта.

Основные направления развития кластера:

— стимулирование технического перевооружения существующих предприятий,

— импорт технологий и разработка технологий (создание технопарка),

— формирование отраслевой кадровой программы,

— проведение конференций поставщиков,

— привлечение инвестиций,

— стимулирование организации новых производств.

Оценивая возможности Южного Федерального округа и роль ФГБОУ ВПО Донской государственный технический университет (далее — ДГТУ) в решении актуальных проблем устойчивого развития Ростовской области, необходимо принимать во внимание следующее. Университет — не только образовательное учреждение. Он участвует в формировании культурной среды региона, выполняет серьёзную имиджевую функцию. Если говорить о формировании сценариев развития региона, области и, в частности, о модели экономики знаний, то ДГТУ принадлежит особая роль в создании добавленной стоимости (рис. 1). Выбор приоритетных направлений научно-образовательной деятельности ДГТУ зависит от поставленных задач и приоритетов социально-экономического развития региона и округа. Его цель — повышение инновационного потенциала субъектов трансфера результатов научно-технической деятельности [4].

Инновационный потенциал следует рассматривать как совокупность элементов осуществления инновационной деятельности. С этих позиций он представляет собой одну из основных характеристик инновационной восприимчивости, определяющей реальный уровень интенсивности внедряемых новшеств — инновационно-инвестиционную активность. Это, прежде всего, характеристика ресурсной базы инновационного развития страны, региона, отрасли, предприятия — любой хозяйственной системы [4].

Инновационная деятельность представляет собой совокупность действий, связанных с приспособлением, комбинированием продуктов научно-технической деятельности для применения в производственных и инвестиционных процессах с использованием инноваций. Здесь необходимо учитывать два аспекта [5]. Первый — совокупность процессов производственного и непроизводственного характера, обеспечивающих постоянное совершенствование производства. Это результат роста общественных потребностей. Совершенствование производства базируется на взаимосвязанном развитии науки и техники, с учётом объективных экономических законов и

закономерностей. Второй аспект — совокупность стратегических установок и тактических действий, обеспечивающих необходимый уровень использования инновационного потенциала отрасли и предприятия. В конкретный период этот уровень должен быть достаточно высок для коммерциализации и эксплуатации новых продуктов, позволяющих обществу получить новое качество производства и жизнедеятельности.

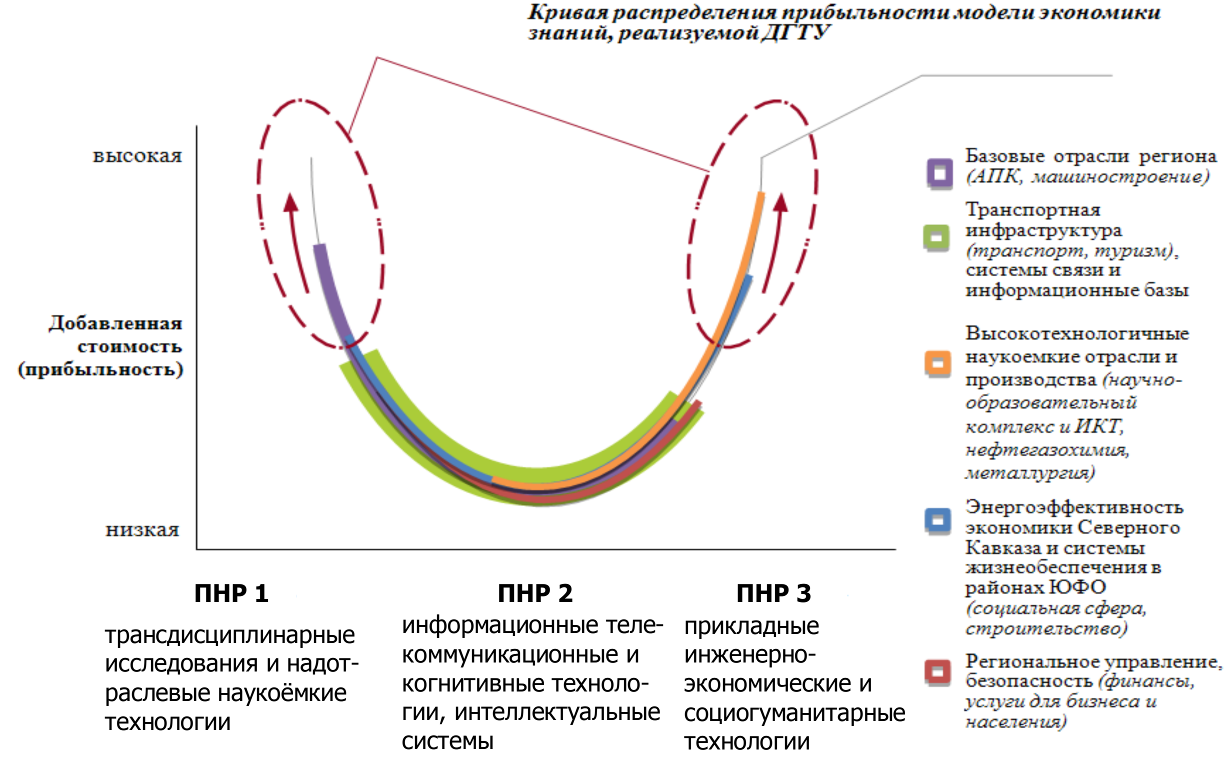


Рис. 1. Форсайт-прогноз научно-образовательных направлений ДГТУ
в рамках формирования сценариев развития ЮФО и Ростовской области

Понимание закономерностей инновационного процесса позволяет более эффективно его регулировать.

Традиционно выделяются следующие основные виды инновационной деятельности, служащие для идентификации инновационно активных предприятий [6]:

— исследования и разработки;

— технологическая подготовка и организация производства;

— производственное проектирование;

— пуск производства и предпроизводственные разработки, включая модификацию продукта и технологического процесса;

— пробное производство, если предполагается дальнейшая доработка конструкции;

— переподготовка персонала для использования новых технологий и оборудования;

— маркетинг новых продуктов;

— приобретение активов: невещественных (права на патенты, лицензии, ноу-хау и т. п.) и овеществлённых (машины, оборудование).

Следует различать также совокупность инновационных стратегий. Это цели или ориентиры инновационной деятельности. К ним относятся:

— замена снятой с производства устаревшей продукции;

— улучшение качества продукции, услуг;

— расширение ассортимента продукции, видов услуг;
— сохранение традиционных рынков сбыта;
— создание новых рынков сбыта;
— обеспечение соответствия современным стандартам;
— повышение гибкости производства;
— сокращение затрат на заработную плату;
— сокращение материальных затрат;
— сокращение энергозатрат;
— снижение загрязнения окружающей среды.

Следует заметить, что многие из этих ориентиров отражают нынешнюю неблагоприятную ситуацию отечественной экономики и обусловлены недостаточной конкурентоспособностью отечественных товаров, слабостью их позиций на мировом рынке.

Методологическое значение имеет классификация Л. Г. Ефремова [7]. Он делит стратегии вуза на функциональные и обеспечивающие. Функциональные, в свою очередь, подразделяются на основные, вспомогательные и управленческие. Ресурсные, сбытовые и инновационные стратегии относятся к обеспечивающим. Л. Г. Ефремов утверждает, что принадлежность к основным функциональным стратегиям обусловливается вероятностной реализацией и реальностью поставленных целей, отражающих развитие определённых направлений деятельности вуза в процессе оказания образовательных услуг.

К числу обеспечивающих стратегий относятся:

— ресурсные стратегии, обеспечивающие принятие управленческих решений, а также оказание образовательных услуг;

— сбытовые — направленные на трудоустройство выпускников;

— распространение учебно-методической литературы и результатов научно-исследовательских и маркетинговых разработок и исследований;

— инновационные стратегии, ориентированные на внедрение передовых технологий, новых подходов к обучению и управлению вузом;

— стратегии, позволяющие повысить качество управляющих процессов и их результатов (как следствие растёт конкурентоспособность вуза и его выпускников).

Приведённая классификация вполне применима и к университетским комплексам. На наш взгляд, они представляют собой горизонтально и вертикально интегрированные корпоративные научно-образовательные учреждения, оказывающие образовательные услуги различных уровней и осуществляющие научную, инновационную и коммерческую деятельность. Важно отметить, что к перечисленным стратегиям необходимо добавить обеспечение горизонтальной интеграции вузов, включение в состав университетских комплексов научно-исследовательских и проектных подразделений и институтов, коммерческих структур.

Для ДГТУ единой методологией реализации базовых стратегий и процессов является инновационная логическая организация учебно-научно-инновационного проекта.

Основным преимуществом выбранного интерфейса является возможность модификации непосредственно самого устройства. При этом нет необходимости перестраивать принципы его сопряжения с внешними и внутренними компонентами. Под интерфейсом здесь понимается сценарий реализации развития инновационной инфраструктуры университета. Инновационный интерфейс имеет сервис-ориентированную архитектуру. Это означает, что любая функция системы может быть представлена в виде интерфейса, выступающего как в качестве способа соединения, так и в качестве места связи. В свою очередь, взаимодействие систем (определяемое как взаимодействие функций через их интерфейсы) представлено в виде описываемого сервис-контрактом протокола. Это регламент, позволяющий систематизировать информационные потоки. В данном

случае сервисы — объекты инновационной инфраструктуры университета, направленные на оказание определённой услуги инновационно-научно-образовательного характера.

Вместо прямой трассировки функций, основанной на оптимизации процесса движения от первоначальной заданной категории (исходного задания), получаем иной процесс. Функции привязываются к сервисам — услугам, и уже сервисы реализуются тем или иным элементом инфраструктуры.

Такой подход позволяет постоянно оптимизировать инновационный процесс (от инновационной идеи — к результату интеллектуальной деятельности). Методология учебно-научно-инновационного проекта подразумевает построение образовательного процесса в виде проекта, который в едином блоке решает следующие задачи:

— подготовка высококвалифицированных, креативных специалистов для промышленности и бизнеса;

— повышение научного уровня и инновационности региональной экономики за счёт создания инновационных разработок.

Методология предусматривает, что на базе собственных или привлечённых НИОКР формируется учебно-научно-инновационный проект. В его основе — научно-технологическая инновация, имеющая перспективы внедрения в производство или коммерциализации. Образовательная составляющая проекта складывается из набора программ и курсов, которые обеспечат подготовку специалистов с компетентностным набором, необходимым для фактической реализации научно-технологического проекта. Для каждого проекта формируется команда. В дальнейшем именно она является центром подготовки специалистов. Методология учитывает все ролевые функции участников обучения и реализации проекта. Наряду с традиционным обучением (лекционные и практические курсы) широко используются проектно-ориентированные методы, в том числе периодические проектно-аналитические сессии. В качестве преподавателей наравне с персоналом университета приглашаются ведущие специалисты-практики: руководители успешных бизнес-структур региона, бизнес-консультанты, предприниматели, уже реализовавшие инновационный проект, и так называемые «бизнес-ангелы».

Инновационный Интерфейс ДГТУ во взаимодействии с исследовательскими институтами университета — основа для создания и продвижения инновационных технологий в важнейшие для экономики России инвестиционные проекты.

В настоящее время инновационная инфраструктура ДГТУ включает подразделения и организации, представленные на рис. 2.

На новом этапе активизации действий университета, направленных на совершенствование инновационной среды, продолжается работа по реализации программы «Инженерное образование: от технологической модернизации к инновационному развитию».

Инновационная система ДГТУ тесно связана с образовательной и научной деятельностью университета. Стоит отметить, что 83 % работников университета участвуют в НИР. Разрабатываются учебные курсы по программам подготовки и повышения квалификации. Сотрудники ДГТУ руководят проектами, дипломными и научными работами студентов и аспирантов.

Трансдисциплинарность предполагает чёткие, но подвижные рамки. Это помогает управлять процессом поиска решения проблемы. Рамки создаются и сохраняются в контексте приложения, а не привносятся в него готовыми. Решение не появляется только или в основном от приложения уже существующего знания. Решение сочетает в себе и теоретическую, и эмпирическую компоненты, поэтому оно, безусловно, является новым знанием, хотя и не обязательно дисциплинарным. Трансдисциплинарное знание возникает в прикладном контексте. Оно развивается в собственных теоретических структурах, имеет свои методы исследования, выражается в собственных практических формах. Возможно, это ново с точки зрения привычных дисциплин.

Направление аккумулирования и концентрации сил в процессе решения главной проблемы может меняться. При этом усилия носят кумулятивный характер [8].

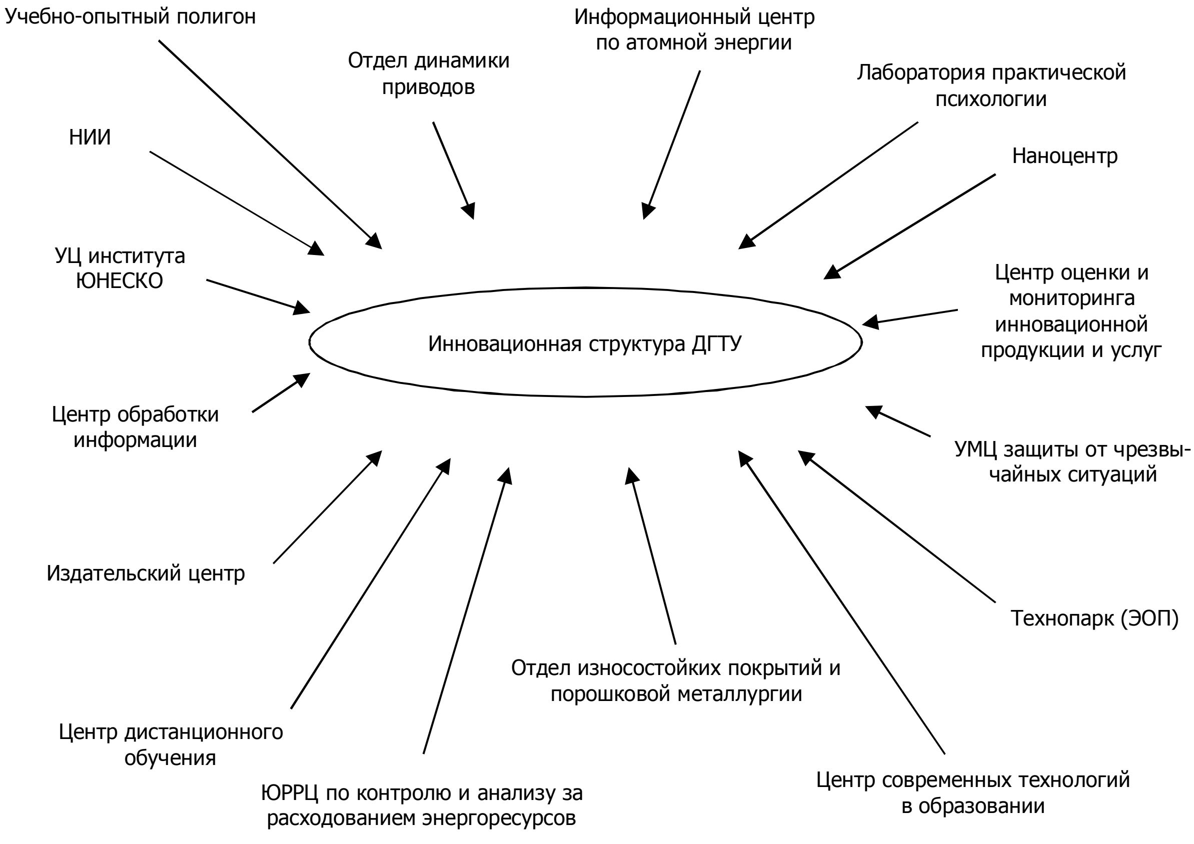


Рис. 2. Объекты инновационной инфраструктуры ДГТУ

Заключение. Инновационный интерфейс обеспечивает доступ к результатам производства знания всех, кто в нём участвовал. Это отличает его от традиционной формы производства знания, где результаты распространяются и взаимодействуют по институциональным каналам. Последующее распространение результатов происходит преимущественно в традиционной манере, по формальным и неформальным каналам. Трансдисциплинарность динамична: частные, промежуточные решения могут стать отправной точкой, базой для продвижения вперёд. Но предсказать направление этого движения так же трудно, как увидеть заранее все возможные приложения результатов исследований. Для интерфейса характерна более тесная связь производства знания с преемственностью контекстных проблем. Число этих проблем вариативно. Субъекты, занятые их решением, мобильны. Однако сеть их коммуникаций и взаимодействия стремится к сохранению, а циркулирующее в этой сети знание свободно и доступно участникам в последующих конфигурациях. Таким образом, круг участников процесса генерации нового знания расширяется. Сегодня в этой сфере активно действуют не только классические исследовательские университеты, но и исследовательские центры, государственные агентства, промышленные лаборатории, консалтинговые центры, целевые проблемные группы и многие другие институты. Взаимосвязи этих участников (организационные, социальные, технические) сложны и многообразны. Сохраняя специализацию и дифференциацию, образуя различные альянсы, они создают основу для новых форм полезного знания.

Библиографический список

1. Галаган, А. И. Университеты США и Японии и их сотрудничество с промышленной наукой / А. И. Галаган. — Москва : НИИВО, 1993. — 60 с. — (Проблемы зарубежной высшей школы; Вып. 6).

2. Журавлёв, В. А. Классический исследовательский университет: концепция, признаки, региональная миссия / В. А. Журавлёв // Университетское управление: практика и анализ. — 2000. — № 2. — С. 25–31.

3. Проворов, А. С. Интеграционные процессы в науке и высшем профессиональном образовании / А. С. Проворов, А. И. Шадрин // Университетское управление: практика и анализ. — 2003. — №5/6 (28). — С. 24–30.

4. Егоров, Е. Г. Научно-инновационная система региона: структура, функции, перспективы развития / Е. Г. Егоров, Н. В. Бекетов. — Москва : Academia, 2002. — 224 с.

5. Сидоренко, В. И. Управление инновационно-инвестиционной деятельностью в народном хозяйстве России : автореф. дис. ... д-ра эконом. наук / В. И. Сидоренко. — Москва : РЭА, 2000. — 39 с.

6. Гохберг, Л. М. Инновационные процессы: тенденции и проблемы / Л. М. Гохберг, И. А. Кузнецова // Экономист. — 2002. — № 2. — С. 50–58.

7. Ефремов, Л. Г. Стратегия управления развитием высшего образования в республиках — субъектах Российской Федерации : автореф. дис. ... д-ра эконом. наук / Л. Г. Ефремов. — Санкт-Петербург, 2000. — 43 с.

8. Князев, Е. А. Глобальные тенденции в высшем образовании и их влияние на институциональный дизайн / Е. А. Князев // Образование и наука на рубеже XXI века: проблемы и перспективы развития : мат-лы V Академических чтений. — Казань, 1999. — С. 91–96.

Материал поступил в редакцию 21.11.2012.

References

1. Galagan, A.I. *Universitety SShA i Yaponii i ikh sotrudnichestvo s promyshlennoy naukoy.* [Universities of the USA and Japan and their collaboration with industrial science.] Moscow: NIIVO, 1993, 60 p. (in Russian).

2. Zhuravlev, V.A. *Klassicheskiy issledovatelskiy universitet: kontseptsiya, priznaki, regionalnaya missiya.* [Classical research university: conception, features, regional mission.] *Universitetskoye upravleniye: praktika i analiz*, 2000, no. 2, pp. 25–31 (in Russian).

3. Provorov, A.S., Shadrin, A.I. *Integratsionnyye protsessy v nauke i vysshem professionalnom obrazovanii.* [Integration processes in science and higher vocational education.] *Universitetskoye upravleniye: praktika i analiz*, 2003, no. 5/6 (28), pp. 24–30 (in Russian).

4. Yegorov, E.G., Beketov, N.V. *Nauchno-innovatsionnaya sistema regiona: struktura, funktsii, perspektivy razvitiya*. [Scientific-innovation regional system: structure, functions, development prospects.] Moscow: Academia, 2002, 224 p. (in Russian).

5. Sidorenko, V.I. *Upravleniye innovatsionno-investitsionnoy deyatelnostyu v narodnom khozyaystve Rossii: avtoref. dis. ... d-ra ekonom. nauk.* [Management of innovation-investment activity in national economy of Russia: Dr. econ. sci. diss., author's abstract] Moscow: RUE, 2000, 39 p. (in Russian).

6. Gokhberg, L.M., Kuznetsova, I.A. *Innovatsionnye protsessy: tendentsii i problemy.* [Innovation processes: trends and problems.] *Ekonomist*, 2002, no. 2, pp. 50–58 (in Russian).

7. Yefremov, L.G. *Strategiya upravleniya razvitiyem vysshego obrazovaniya v respublikakh — subyektakh Rossiyskoy Federatsii: avtoref. dis. ... d-ra ekonom. nauk.* [Higher education development

management strategy in republics – constituent entities of the Russian Federation: Dr. econ. sci. diss., author's abstract.] St. Petersburg, 2000, 43 p. (in Russian).

8. Knyazev, E.A. *Globalnyye tendentsii v vysshem obrazovanii i ikh vliyaniye na institutsionalnyy dizayn.* [Global trends in higher education and their impact on institutional design.] *Obrazovaniye i nauka na rubezhe XXI veka: problemy i perspektivy razvitiya: materialy V Akademicheskikh chteniy*. [Education and science at the turn of XXI century: problems and development prospects: Proc. V Academic readings.] Kazan, 1999, pp. 91–96 (in Russian).

INNOVATIVE INTERFACE OF RESEARCH AND EDUCATIONAL PROCESS: NATURE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

M. A. Izotov, B. C. Meskhi
(Don State Technical University)

At the present stage of the Russian economy development, education in its extricable connection with science and production accommodates the efficiency and competitiveness of the national economy. In consequence of the interaction of the scientific research, design departments of the industrial enterprises and leading engineering universities, the integrated structures and a new approach to the transfer of the R&D results are formed. The challenges facing the university integrated package include not only the training of highly qualified specialists, but also the implementation of educational, research, and innovation projects. The analysis of modern models of the development of innovation corporate educational institutions shows that they are based on three key technologies: intelligent, management, and information ones. The innovative type of the development demands the comprehensive resources provision, and the economic systems stability, apart from the organizational prerequisites. The complexity of the resources provision is determined by the essential resource intensity of the innovation infrastructure processes. The interface acts both as a bonding technique, and as a place of innovative communication features, besides, its architecture as a whole is service-oriented.

Keywords: *integrated educational institution, innovation-active enterprises, innovation infrastructure, research and educational process, interface.*

УДК 339.33

Методы организационно-технологического проектирования складов предприятий оптовой торговли

Л. В. Казакова
(Филиал Донского государственного технического университета в г. Волгодонске)

Рассмотрены вопросы обеспеченности торговли складскими помещениями, исследованы основные задачи и проблемы развития складских систем в торговле, выявлена динамика регионального развития складских систем и дана сравнительная характеристика ключевых показателей складской недвижимости по регионам России. Результаты анализа свидетельствуют о том, что основной спрос на рынке складской недвижимости приходится на Московский регион. Также в статье определены этапы торгово-технологического процесса, сформулированы цели и задачи проектирования складов. Особое внимание уделено принципам проектирования складского хозяйства, основным из которых является принцип компактности, базирующийся на бережном отношении к земельной площади и целесообразном размещении складского помещения. Рассмотрена классификация складских помещений по классам A, B, C, D и дана подробная их характеристика.
Ключевые слова: *оптовая торговля, товародвижение, складское хозяйство, проектирование и строительство складов, складские операции, этапы планирования склада.*

Введение. Одним из узловых вопросов торговли является недостаток складских помещений. Рассмотрение этой проблемы показало, что ситуация имеет положительную тенденцию и будет развиваться в двух направлениях: строительство собственных складских помещений и аренда находящихся в эксплуатации.

Организационно-технологическое развитие складских систем в оптовой торговле. Ситуация, которая сложилась на рынке недвижимости и системе складирования в конце двадцатого столетия, не соответствовала изменениям происходящим в развитии внутренней торговли. Централизованное планирование и распределение товарных ресурсов не обеспечивали синхронизации между сферами производства и потребления.

В условиях рынка роль и значение складского хозяйства существенно возрастает. Ключевой тенденцией формирования складского хозяйства становится проведение в жизнь целостной политики при выполнении погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ с учётом улучшения комплексной механизации и автоматизации работ в товаропроводящей цепи.

В 1990-е годы произошло оснащение складского хозяйства подъёмно-транспортным оборудованием. Однако продолжение формирования процесса механизации и автоматизации работ не приобрело дальнейшего развития в виду отсутствия требуемой номенклатуры средств механизации и недостаточного производственного потенциала предприятий, выпускающих подъёмно-транспортное оборудование.

В данной ситуации оптимизация рынка складирования делается единственным критерием сбалансированной работы системы товаропроводящей цепи. Новый порядок хозяйствования поставил перед собственниками складов ряд нерешённых проблем. Это вопросы организации складирования, качества используемой техники, применяемых схем складирования, технологии выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Необеспеченность торговли складскими помещениями определяет необходимость критериального выбора помещений для размещения складов.

Проблемой строительства новейших складов является необходимость существенных капиталовложений на первоначальном этапе, что замедляет приток инвестиционных вложений. Эксперты определяют следующие классы складов, которые представлены на рисунке 1 (разработан автором на основании данных [3, 4]).

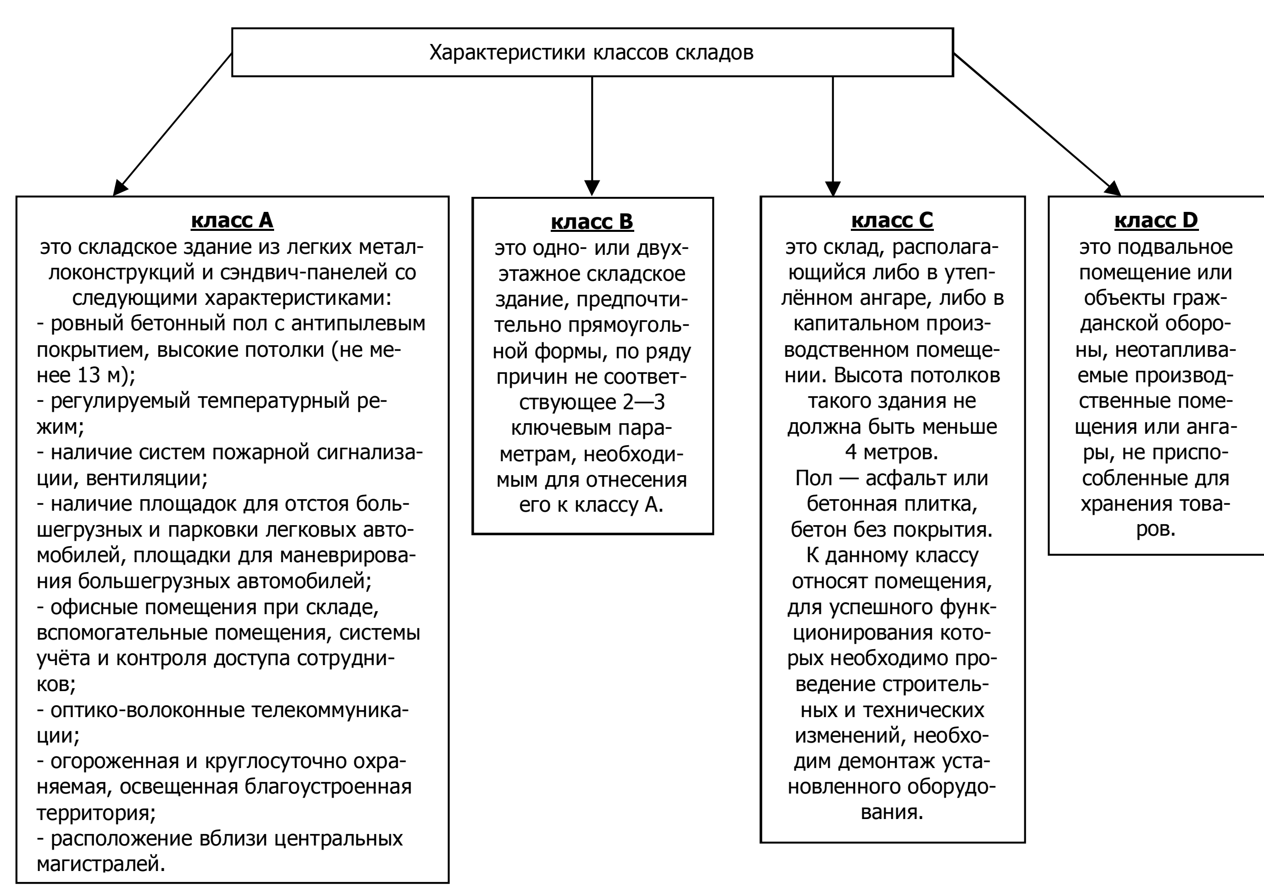


Рис. 1. Характеристики классов складов

Складская инфраструктура в своём развитии сделала качественный рывок: увеличилось количество складских площадей, улучшилось качество управления товарными запасами. Современные направления формирования складского хозяйства базируются на разумном, экономичном использовании земли, максимальной автоматизации складских операций, поиске новых технологических решений. Принципы строительства современного торгового склада: компактность складского хозяйства, блокирование зданий, концентрация объектов складского назначения [1].

Основным фактором при проектировании и строительстве складов является экономное расходование земельных площадей. Практика проектирования и строительства базируется на экономической оценке используемых земель. Важный принцип проектирования складского хозяйства — компактность. Данный принцип базируется на бережном отношении к земельной площади, и характеризуется целесообразным размещением складского помещения. Одним из методов достижения компактности складского хозяйства является блокирование (соединение) — слияние складских объектов между собой. Другой ключевой принцип формирования рациональных складских хозяйств — концентрация объектов и устройств складского назначения, органически взаимосвязанными территориально, транспортно и организационно в единый узел. Для универсальных предприятий в силу их характерных особенностей, главным образом из-за больших оборотов, объёмов и номенклатуры хранимых товаров, эти принципы не всегда в полной мере сочетаются между собой [2]. Ориентированность к росту складских площадей сохранится вопреки появлению на рынке крупных иностранных проектов, под которые уже были выделены инвестиции. В настоящее время стоимость хранения на складах очень высока, однако, рынок складских помещений остаётся наименее сформированным элементом рынка недвижимости. Предполагается рост рынка

складской недвижимости, поскольку спрос явно превышает предложение. Особенно это характерно для класса А. В роли индикаторов интенсификации развития складской инфраструктуры выступают: увеличение объёмов промышленного производства в России, стремительное развитие розничной торговли, появление на рынке крупных иностранных торговых сетей, увеличение числа отечественных компаний, которые испытывают недостаток в качественных складских комплексах. Из-за отсутствия строительства качественных складских комплексов, а также в результате невысокого уровня спроса в большинстве крупных городов обнаружился дефицит складских площадей. В итоге местные и даже крупные федеральные девелоперы стали более активными на региональных рынках.

Основное отличие рынка складских площадей в регионах — расположение складских комплексов возле наиболее крупных городов, у которых большая численность населения и значительный розничный товарооборот. Более половины качественной складской недвижимости расположено в городах — центрах федеральных округов России (исключением является Казань). Таким образом, логистический рынок в России характеризуется точечным развитием: компании располагают наиболее крупные распределительные центры в точках конечного потребления, а наименее крупные объекты в местах, характеризующихся высоким уровнем потребления и которые рассчитаны на рынки городов, располагающихся в радиусе не более 500—600 км от складского комплекса. Ключевые показатели складской недвижимости приведены в таблице 1 и на рисунке 2 (на основании данных [5]).

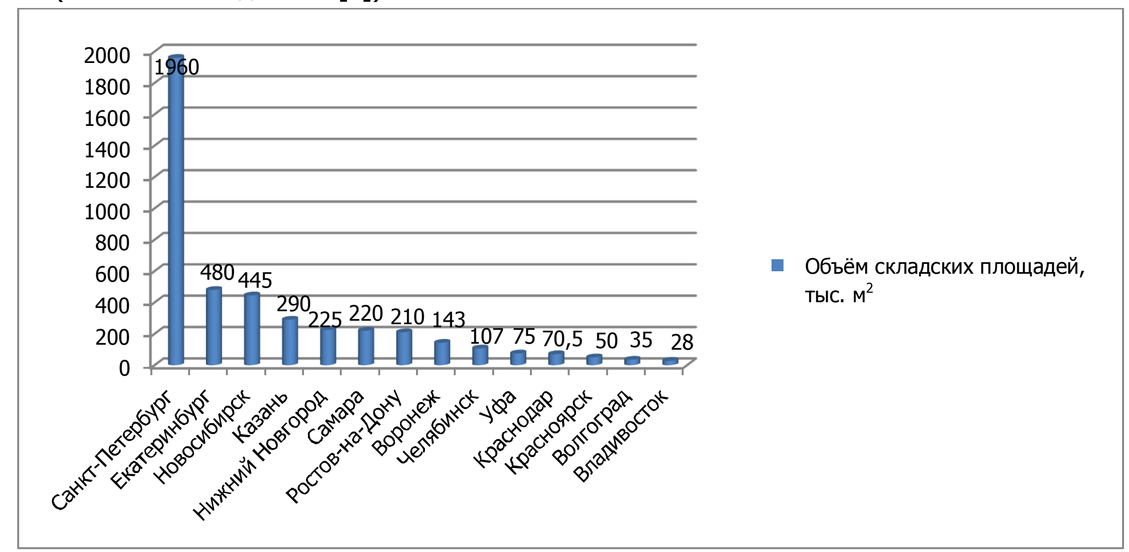


Рис. 2. Общий объём качественных складских площадей

Основной спрос на рынке складской недвижимости приходится на Московский регион: более 70 % качественных складских площадей в 2011 г. было приобретено именно здесь. Несмотря на значительное количество вакантных складских площадей, наиболее высокий уровень арендных ставок наблюдается в Новосибирске — 105—115 $/кв. м./год, самый низкий — в Самаре — 65 $/кв. м/год. При отсутствии возможности выбрать подходящие для аренды складские помещения, компаниям приходится либо арендовать объекты, которые предлагаются в данный момент на рынке, либо ждать окончания девелоперами строительства, или осуществлять строительство складских помещений самостоятельно. Сформировавшаяся тенденция в ближайшие годы может стать преобладающей в региональных городах, чья доля в общем объёме качественных складов будет постепенно увеличиваться. Более того, местные и федеральные девелоперы планируют строительство новых объектов. По окончании 2012 г. прогнозируется увеличение нового предложения более чем на 250 тыс. кв. м. [4].

Таблица 1

Ключевые показатели складской недвижимости [5]

Регион	Общий объём качественных складских площадей, тыс. $м^2$	Численность населения в 2010 г., тыс. чел.[1]	Средние арендные ставки в классе А, $/$м^2$/год
Москва	6628	17315,7	130—140
Санкт-Петербург	1960	6229,9	115—120
Екатеринбург	480	4393,8	100—110
Новосибирск	445	2649,9	105—115
Казань	290	3778,5	80—90
Нижний Новгород	225	3323,6	95—105
Самара	220	3170,1	95—105
Ростов-на-Дону	210	4229,5	110—115
Воронеж	143	2261,6	н/д
Челябинск	107	3508,4	50—99 (класс В)
Уфа	75	4066,0	80
Краснодар	70,5	5160,7	100
Пермь	68,5	2635,8	100—105
Красноярск	50	2893,9	н/д
Волгоград	35	2589,9	н/д
Владивосток	28	1982,0	н/д

Формирование складской системы представляет собой сложный процесс, включающий в себя технико-технологические, экономические, организационные, информационные, финансовые и другие аспекты. Рассмотрим основные задачи и проблемы развития складских систем в торговле. Современный склад представляет собой элемент товаропроводящей цепи, предназначенный для приёмки, размещения, хранения, подготовки к продаже и отпуску товаров и имеющий необходимую для выполнения этих функций материально-техническую базу (здания, сооружения, оборудование и т. п.). Требования, предъявляемые к складам, значительно изменились и ориентированы на оптимизацию складских мощностей, существенное увеличение производительности при грузоперевозке, высокий уровень сервиса, увеличение уровня готовности и надёжности работы склада. В это связи представляет интерес анализ проблем и задач, возникающих при проектировании и эксплуатации склада. Планирование деятельности склада осуществляется в 4 этапа: постановка цели и задач, планирование складской логистики, реализация и эксплуатация. В рамках постановки цели и задач рассматриваются маркетинговые вопросы с учётом их воздействия на стратегию работы организации: планируемый уровень обслуживания, структура сбыта, планирование места размещения складского комплекса. При планировании складской логистики наряду с разработкой концепции функционирования склада, определяют форму собственности складского комплекса, разработку системы складирования, осуществляют подбор персонала для планируемого склада, выбирают информационную систему для функционирования склада. Основным вопросом, встающим перед фирмой при решении вопросов обеспечения складской площадью, является выбор формы собственности [3].

Выводы. Таким образом, при выборе формы склада следует базироваться не только на постоянном росте товарооборота организации, но и учитывать трансформации конъюнктуры рынка и уровня конкуренции в отрасли. Система складирования предполагает оптимальное размещение груза на складе и рациональное управление им. Основным вопросом при разработке способа складирования является установление параметров работы склада: выбор складируемой грузовой единицы, способа хранения грузов, оборудования для выполнения погрузо-разгрузочных работ. При проектировании склада это позволит предприятию определить не только технологию работы

[1] Численность населения субъекта Федерации, в котором расположен город (для Москвы с учётом Московской области, для Ленинграда с учётом Ленинградской области)

с грузами, но и рассчитать минимально необходимый размер всего складского комплекса. Торговые фирмы заинтересованы в наилучшем функционировании и эффективном использовании складского звена. Появление новых технологий работы с грузами и информационных систем значительно ужесточает требования к квалификации сотрудников. При организации работы склада ключевыми вопросами являются: определение размеров склада, определение потребности в технике, определение потребности в персонале, организация труда на складе, выбор способа хранения товаров.

Библиографический список

1. Волгин, В. В. Склад: логистика, управление, анализ : 10-е изд., перераб. и доп. / В. В. Волгин. — Москва : Дашков и К, 2009. — 736 с.

2. Дашков, Л. П., Организация и правовое обеспечение бизнеса в России: коммерция и технология торговли : 3-е изд., перераб. и доп. / Л. П. Дашков, В. К. Памбухчиянц, О. В. Памбухчиянц. — Москва : Дашков и К, 2007. — 1012 с.

3. Миротин, Л. Б. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов / Л. Б. Миротин, А. В. Бульба, В. А. Дёмин. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. — 416 с.

4. Рынок складской недвижимости: обзор по итогам 2011 года [Электронный ресурс] // Аналитика, обзоры рынка коммерческой недвижимости. — Режим доступа: http://zdanie.info/2393/2421/news/2128/ (дата обращения: 28.08.12).

5. Складская и индустриальная недвижимость [Электронный ресурс] // Knight Frank. — Режим доступа: http://www.knightfrank.ru/research/page1/issue1215/sectorid/ (дата обращения: 29.08.12).

Материал поступил в редакцию 04.09.2012.

References

1. Volgin, V.V. *Sklad: logistika, upravleniye, analiz : 10-ye izd., pererab. i dop.* [Warehouse: logistics, management, analysis: 10th redaction.] Moscow: Dashkov i K, 2009, 736 p. (in Russian).

2. Dashkov, L.P., Pambukhchiyants, V.K., Pambukhchiyants, O.V. *Organizatsiya i pravovoye obespecheniye biznesa v Rossii: kommertsiya i tekhnologiya torgovli : 3-ye izd., pererab. i dop.* [Business organization and legal support in Russia: commerce and trading technology: 3rd redaction.] Moscow: Dashkov i K, 2007, 1012 p. (in Russian).

3. Mirotin, L.B., Bulba, A.V., Demin, V.A. *Logistika, tekhnologiya, proyektirovaniye skladov, transportnykh uzlov i terminalov*. [Logistics, technology, engineering of warehouses, transport hubs and terminals.] Rostov-on-Don: Feniks, 2009, 416 p. (in Russian).

4. *Rynok skladskoy nedvizhimosti: obzor po itogam 2011 goda*. [Warehousing property market: 2011 year-end review.] In: *Analitika, obzory rynka kommercheskoy nedvizhimosti.* [Analytics, commercial property market reviews.] Available at: http://zdanie.info/2393/2421/news/2128/ (accessed: 28.08.12) (in Russian).

5. *Skladskaya i industrialnaya nedvizhimost.* [Warehousing and technical property.] In: *Knight Frank.* Available at: http://www.knightfrank.ru/research/page1/issue1215/sectorid/ (accessed: 29.08.12) (in Russian).

METHODS OF ORGANIZATION AND TECHNOLOGICAL DESIGN FOR WHOLESALE WAREHOUSES

L. V. Kazakova
(Don State Technical University, Volgodonsk branch)

Some issues on providing trade with storage rooms are considered. The major tasks and problems of the development of storage systems in trade are studied. The regional development dynamics of storage systems is found, and the comparative analysis of the highlight figures of the warehousing property by the regions of Russia is given. The analysis results imply that the principle demand at the warehousing property market falls on Moscow region. Besides, the commerce and engineering process stages are defined, tasks and objectives of the warehouse designing are stated. Special focus is on the storage facility design principles, the ultimate one being the compactness principle based on the solicitous attitude to the land area and to the reasonable siting of a warehouse. The warehouse classification per A, B, C, D grades is considered, their detailed characteristic is given.
Keywords: *wholesale trade, product distribution, storage facility, design and construction of warehouses, storage operations, warehouse planning stages.*

УДК 33

Систематизация и развитие методов идентификации личностных качеств руководителей различных уровней и сфер деятельности

М. В. Колесников
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Утверждается, что индивид может обладать психофизиологической предрасположенностью к одному из выделенных автором типов управленческой деятельности: «государственная служба», «предпринимательство», «бизнес-деятельность». Рассматриваются систематизация и развитие методов идентификации личностных качеств руководителей различных уровней и сфер деятельности. На основе теста Р. Кеттелла показаны усреднённые оценки личности государственных руководителей и менеджеров-предпринимателей. Рассматриваются два особых типа личности: предприниматель и бизнесмен. Эти понятия сравниваются между собой, их значение уточняется. Представлен разработанный автором алгоритм идентификации личности. Он позволяет определить, в какой степени данный человек соответствует руководящей должности в условиях конкретной организации. Предлагается совокупность формул, которая позволяет оценить, способен ли предприниматель дать себе объективную оценку. В качестве объективной оценки принимается усреднённое мнение специалистов.
Ключевые слова: *личностные качества руководителей, государственный руководитель, менеджер-предприниматель, усреднение оценок, предпринимательская деятельность, бизнес-деятельность, алгоритм идентификации личности.*

Введение. В настоящее время актуальна проблема идентификации степени предрасположенности индивида к управленческой деятельности. Следует отметить, что механизмы идентификации личностных качеств руководителя, и методика определения соответствия индивида заданному типу управления ещё развиты недостаточно. В соответствии с результатами ряда исследований руководителей можно классифицировать по определённому виду управленческой деятельности: государственной, предпринимательской или бизнес-деятельности.

Основная часть. А. Кудашев на основе обширных статистических исследований выявил различия между государственными руководителями и менеджерами-предпринимателями [1]. Сравним черты личности этих групп менеджеров.

В соответствии с общетеоретическими представлениями [2] о функциях и ролях менеджера (например, по А. Файолю и Г. Минцбергу), руководителям всех уровней и сфер приходится решать сходные по управленческим процедурам задачи. Они планируют и координируют работу, распоряжаются, стимулируют, контролируют труд подчинённых. Вместе с тем с содержательной точки зрения можно обнаружить и существенные различия в их деятельности. Они заключаются в следующем.

— Деятельность государственных руководителей в области финансово-бюджетного обеспечения и организационно-правовых основ функционирования государственной службы отличается высокой степенью регламентированности.

— Руководители самостоятельно хозяйствующих субъектов относительно свободны в выборе стратегии и тактики возглавляемого предприятия при решении финансовых, технологических, кадровых и других вопросов.

— Целевая установка государственных служащих — исполнение полномочий государственного органа, поддержание определённого состояния управляемой системы. Цель предпринимателей — получение прибыли.

— Деятельность каждой группы подразумевает использование различных подходов и технологий решения задач.

С учётом этих различий закономерно утверждать, что у руководителей выражены различные черты личности.

В основу цитируемого ниже исследования был положен известный и адаптированный тест Р. Кеттелла, выявляющий 16 базисных черт личности. Усреднённые профили соответствующих групп представлены на рис. 1 [1].

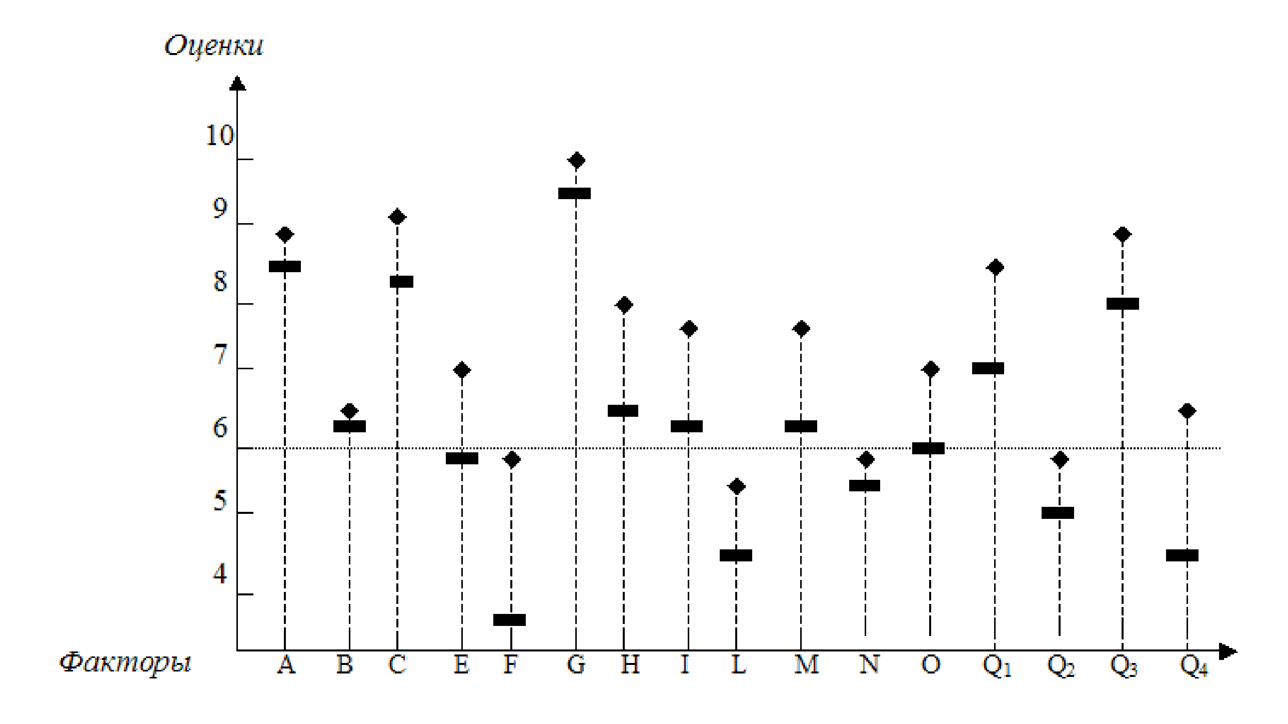


Рис. 1. Усреднённые оценки черт личности государственных руководителей (отмечены прямоугольником) и менеджеров-предпринимателей (отмечены ромбом)

Усреднение оценок черт личности осуществлялось по 12-балльной шкале.

Условные обозначения: *A* — замкнутость — общительность; *B* — низкий вербальный интеллект — высокий; *C* — эмоциональная неустойчивость — устойчивость; *E* — подчинённость — доминантность; *F* — сдержанность — экспрессивность; *G* — подверженность чувствам — высокая нормативность поведения; *H* — робость — смелость; *I* — жёсткость — чувствительность; *L* — доверчивость — подозрительность; *M* — практичность — развитое воображение; *N* — прямолинейность — дипломатичность; *O* — уверенность в себе — тревожность; Q_1 — консерватизм — радикализм; Q_2 — конформизм — нонконформизм; Q_3 — низкий самоконтроль — высокий; Q_4 — расслабленность — напряжённость.

Сравнение результатов показывает, что по подавляющему большинству факторов руководители выделенных групп различаются незначительно. И заместителей министров, и менеджеров можно в целом охарактеризовать следующим образом. Они достаточно открыты, общительны, терпеливы и уживчивы, эмоционально устойчивы. Их отличает также настойчивость в достижении поставленных целей и высокий уровень внутреннего контроля над поведением.

Гораздо больший интерес представляют выявленные статистически значимые различия черт личности по трём факторам: *F* (сдержанность — экспрессивность), Q_1 (консерватизм — радикализм) и Q_4 (расслабленность — напряжённость).

Государственным служащим присущи следующие свойства: здоровый консерватизм, сочетающийся с аналитичностью мышления и стремлением быть хорошо информированным, осторожность, повышенная озабоченность, постоянно выраженный фон напряжённости, некоторое возбуждение и беспокойство в работе.

Менеджеры-предприниматели отличаются от государственных руководителей большей импульсивностью и верой в удачу, критическим настроем и склонностью к экспериментированию, а также отсутствием внутренней напряжённости.

Инновативная организаторская деятельность менеджеров-предпринимателей, связанная с большим риском, описана в научной литературе достаточно полно, поэтому остановимся подробнее на особенностях работы государственных руководителей. Специфика их управленческой деятельности развивает такие личностные качества, как осторожность, склонность к анализу, несколько повышенную возбудимость. Очевидно, что люди, обладающие этими качествами, предрасположены к исследуемому виду деятельности. Кроме того, им легче продвигаться по карьерной лестнице.

В работах С. Ребрика обоснована необходимость различать также предпринимательскую и бизнес-деятельность [3].

На начальном этапе экономических реформ в России доминировало представление о всеобщей доступности этих сфер деятельности. Даже в настоящее время в научных публикациях бизнес-деятельность и предпринимательство не различаются. Анализ зарубежной литературы, отечественный опыт становления рыночных отношений позволяют сделать вывод, что способность к предпринимательству и бизнес-деятельности закладывается на генетическом уровне (как и элитность). При этом её можно развивать: обучаться, вырабатывать необходимые навыки.

Для выяснения сущности различий между предпринимателем и бизнесменом проведём модельные рассуждения, выявляющие психофизиологические особенности черт личности, способствующие принятию индивидом той или иной схемы поведения.

В энциклопедическом словаре понятия предпринимательской и бизнес-деятельности не различаются: «Бизнесмен — лицо, занимающееся каким либо видом бизнеса (делом), предприниматель». Аналогично С. И. Ожегов в «Словаре русского языка» определяет бизнес как предпринимательскую экономическую деятельность, направленную на получение дохода (прибыли) [4].

Однако М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури в своей классической книге по теории менеджмента трактуют эти понятия иначе [1]. По их мнению, бизнесмен — это тот, кто «делает деньги», владелец капитала, находящегося в обороте, приносящего доход. Предприниматель же — это человек, который идёт на риск при создании новой организации или при внедрении новой идеи, продукта или услуги. К сожалению, на это различие теоретики и практики менеджмента пока не обратили достаточного внимания.

Нам представляется, что последний подход способствует более точной оценке качеств личности. Итак, рассмотрим отдельно личностные свойства предпринимателя и бизнесмена. С. Ребрик для оценки различий между предпринимателем и бизнесменом выделяет и исследует три сферы: 1) отношение к реальности, 2) отношение к риску, 3) тип поведения [3].

Вышесказанное позволяет расширить перечень сравниваемых особенностей, включив дополнительно отношения с внешним окружением, эмоциональный фон деятельности и др. Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таким образом, предпринимательство следует рассматривать как один из факторов, отражающих качество трудовых ресурсов, способных разорвать порочные круги, выводя экономику развития региона (страны) на новые уровни развития.

Сбалансированное и структурно организованное взаимодействие указанных институтов управления (государственный менеджмент, предпринимательство, бизнес-менеджмент) позволяет добиться синергетического эффекта в управлении экономикой страны.

Выявленные различия личностных профилей сравниваемых групп руководителей можно интерпретировать и с позиций концепции управленческого ролевого поведения. Под ролью менеджера понимают преимущественную принадлежность к определённому виду деятельности и (или) определённый способ поведения, направленный на обеспечение одной из сторон управленческой деятельности.

Таблица 1

Сравнение понятий «предприниматель» и «бизнесмен»

Критерии сравнения	Предприниматель	Бизнесмен
Отношение к реальности	Создаёт принципиально новую реальность.	Оптимизирует существующую реальность.
Состояние души	Фантаст, поэт.	Реалист, прозаик.
Отношение к инновациям	Изобретает новые возможности.	Использует имеющиеся возможности.
Отношение к риску	Живёт, чтобы рисковать.	Рискует, чтобы выжить.
Жизненная позиция	Выиграть любой ценой.	Избежать неудачи.
Тип поведения	Игрок-авантюрист.	Рационалист.
Роль менеджера	Мыслитель (генератор идей).	Организатор.
Отношение к внешнему окружению	Активное, преобразующее.	Пассивное, подчинённое.
Позиционирование в среде	Относительно свободен.	Регламентирован целями, структурой.
Эмоциональный фон деятельности	Экспрессивность, радикализм, расслабленность.	Сдержанность, консерватизм, напряжённость.

Например, Г. Минцберг рассматривает десять ролей: начальник, лидер, связующее звено, наблюдатель, распространитель, представитель, антрепренёр, регулятор отклонений, распределитель ресурсов, посредник [1].

В литературе встречаются и иные формулировки ролей Г. Минцберга. Это объясняется особенностями перевода и (или) субъективным восприятием текста исследователями. Например, вместо обозначения «начальник» используется «главный руководитель», вместо «наблюдатель» — «приёмник информации», вместо «антрепренёр» — «предприниматель», вместо «регулятор отклонений» — «устраняющий нарушения», вместо «посредник» — «ведущий переговоры». Смысловые различия здесь очевидны [5].

Широко известна предложенная американским специалистом Р. Белбином восьмиролевая концепция менеджера в управленческой команде. Если Г. Минцберг абстрактно формулирует роли, исходя из позиции самого менеджера, то Р. Белбин изучает возможность получения синергетического эффекта при взаимодействии членов команды. Он описывает, в частности, следующие роли: председатель, формирователь, мыслитель, разведчик, исполнитель, коллективист, доводчик, оценщик [6].

Формирователь — это член управленческой команды, который должен выдавать чёткие формулировки по поводу того, как обстоят дела сейчас и что нужно сделать в дальнейшем. Оценщик беспристрастно анализирует поступающую информацию, реально оценивает ситуацию в системе и окружающей среде. Мыслитель генерирует нестандартные, оригинальные идеи, предлагает проекты, пусть не до конца обоснованные, но раскрывающие новые возможности и перспективы.

Если сравнить управленческие командные роли по Г. Минцбергу и Р. Белбину с чертами личности руководителей в обследованных группах, выяснится, что различия объясняются своеобразной «ролевой специализацией». В группе государственных руководителей статистически значимо выделяются личностные черты, которые обусловливают успешное исполнение командных

ролей: председатель, формирователь и оценщик. В группе менеджеров-предпринимателей на первый план выходят черты личности, позволяющие часто выступать в качестве мыслителя, разведчика.

Рассматривая взаимообусловленность черт личности и управленческой эффективности, необходимо учитывать уровень, который занимает руководитель в управленческой иерархии, и специфику его работы.

Ниже предлагается упрощённый алгоритм, позволяющий установить, насколько личность соответствует руководящей должности в условиях конкретной организации.

1. Определяется предрасположенность индивида к тому или иному стилю управления (либеральному, демократическому, жёстко административному). В нашем случае эту задачу можно выполнить с помощью специальных тестов. Кроме того, необходимо учесть приведённые аналитические соотношения и данные таблиц.

2. Выявляется с помощью специального теста наиболее предпочтительная (по мнению членов коллектива) культура управленческой деятельности.

3. Результаты опроса о предпочтительной культуре организации усредняются, оценивается разброс мнений.

А) Культура считается приемлемой, если разброс мнений не превышает заданной пороговой величины.

Б) В противном случае возникает необходимость формирования устойчивой культуры отношений в коллективе. Эту проблему нужно решать и в том случае, если культура устойчива по совокупности мнений членов коллектива, но не соответствует целям и задачам исследуемой организации.

4. Результаты пп. 1 и 3 А) соотносятся с данными табл. 2.

А) Если соответствие обозначено знаком +, то кандидата можно рекомендовать в руководство данного предприятия.

Б) В противном случае кандидатура на пост руководителя не рекомендуется.

Замечание. Стиль управления (п. 1 алгоритма), очевидно, не может быть достаточно точно определён на основании исследования одного усреднённого качества. Данная процедура при необходимости может быть усовершенствована.

Рассмотрим механизм оценки, используя признаки X и Y, идентифицируемые, соответственно, двумя тестами.

Три стиля управления — либеральный, демократический, жёстко административный обозначены в таблице знаками +, * и –. (Очевидно, что исследователи могут выделить и большее количество стилей управления.)

Таблица 2

Идентификация стиля управления индивида по двум признакам *X* и *Y*

	Y_1	Y_2	Y_3
X_1	+	+	*
X_2	+	*	–
X_3	*	–	–

Рассмотрим подробнее проблему определения степени предрасположенности индивида к предпринимательской и (или) бизнес-деятельности. Одним из механизмов решения данной проблемы является так называемое хронографическое исследование личности. Разрабатывая методику идентификации, автор исходит из гипотезы, что респондент в течение жизни принимает те или иные решения, в соответствии с генетической предрасположенностью и приобретённым опытом управления (положительным или отрицательным). Исследуя принимаемые решения, можно

сформировать представление об идентифицируемой личности. При этом будем считать, что предприниматель предпочитает риск, а бизнесмен — надёжность.

С этой целью испытываемый даёт краткое хронологическое описание основных поворотных моментов своей жизни. Он перечисляет цели, варианты выбора, условия, в которых следовало принимать решения, и окончательный выбор.

В качестве иллюстрации рассмотрим следующую ситуацию.

Молодой человек окончил среднюю сельскую школу с серебряной медалью. Финансовое положение родителей было достаточно низким. Хотел стать математиком. Достичь цели можно было разными путями. Первый вариант — поступление в пединститут, находящийся в городе в 50 км от места проживания выпускника. Второй вариант — областной госуниверситет (в 350 км от места проживания). Кроме того, можно было бы попытаться поступить в столичный вуз. Первый вариант надёжнее (ниже уровень конкуренции) и финансово более приемлемый. Однако этот вуз менее перспективен в смысле уровня получаемых знаний и будущего трудоустройства. Респондент выбирает именно этот вариант. То есть в данной ситуации он предпочитает довольствоваться меньшим и не рисковать.

После окончания вуза возникли следующие варианты развития карьеры: поступление в аспирантуру, работа в НИИ, школе. Респондент выбирает последний, исключающий проблемы поступления, финансовые трудности.

После пяти лет работы встал вопрос об изменении статуса. Открывались следующие возможности: должность директора школы, работа за границей (без семьи), НИИ, преподавательская работа в вузе. Респондент опять принимает решение, и к моменту оценки у него накапливается некоторая история, обеспечивающая идентификацию личности.

На основе данного описания сам респондент и несколько экспертов, независимо друг от друга, составляют его экспертные хронограммы (табл. 3). В основе хронограмм лежит континуум взвешенных отношений «предпринимательство — бизнес». В первом столбце таблицы указывается номер «наблюдения» i, $i = 1, \dots, N$. Во втором — год. В третьем столбце — шкала значений весов от 0 до 1, проставленных респондентом. В четвёртом — те же значения проставлены экспертом (или приводится усреднённое значение группы экспертов).

Таблица 3

Хронограмма респондента

i	Год	Р	Э
1	1986	0,4	0,3
2	1990	0,5	0,4
3	1995	0,2	0,4
4	…	…	…

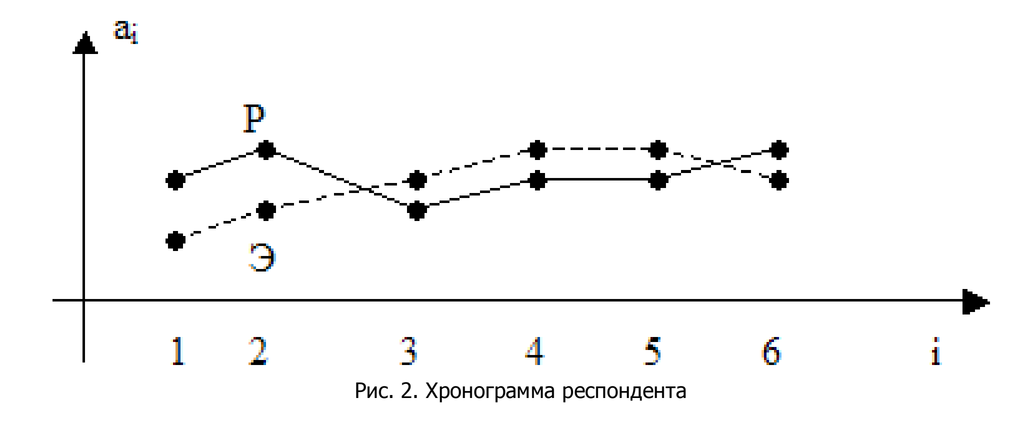


Рис. 2. Хронограмма респондента

Для удобства работы можно взять шкалу (рис. 2) длиной 10 см с разбивкой на отрезки длиной по 1 см (значение части — 0,1).

Респондент и эксперт, интуитивно проставив точку на шкале рисунка, указывают степень принадлежности решения континууму «предпринимательство — бизнес». Числовое значение a_i определяется простым измерением. На рисунке сплошной линией даны результаты респондента, пунктирной — эксперта.

По совокупности высказываний экспертов (если их было несколько) рассчитывается среднее для экспертов $a_i^э$, которое сравнивается с оценкой респондента $a_i^р$:

$$e_i = a_i^э - a_i^р. \quad (1)$$

Способность предпринимателя дать себе объективную, совпадающую с мнением специалистов оценку выражается соотношением:

$$K = 1 - e/a, \quad (2)$$

где e — среднее значение ошибки.

С помощью (2) можно установить, что индивид недооценивает или переоценивает свои качества. Этот факт влияет не только на результат данного исследования, но должен учитываться и при организации и выполнении иных работ.

Среднее значение высказываний экспертов a, вычисленное по всем наблюдениям, определяет качества респондента по шкале «предпринимательство — бизнес». Таким образом, степень предрасположенности индивида к одному из указанных видов деятельности в среднем оценивается выражением:

$$a = (a_1 + a_2 + \ldots + a_N)/N. \quad (3)$$

Средняя оценка (3) очевидно, не является исчерпывающей. Действительно, человек способен сомневаться и ошибаться. Эта нестабильность характеризуется тем, что показатели исследуемой величины отличаются от среднего с учётом его абсолютного значения, то есть с помощью коэффициента относительной ошибки:

$$k = D/a, \quad (4)$$

где D — один из показателей разброса случайной величины; разность между максимальным и минимальным значениями, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, сумма модулей отклонения и т. д.

Специфика рассматриваемой задачи (использование относительного интервала [0, 1]) требует остановиться на простой оценке разброса в виде определённого выше показателя D. Деление на a будет искажать представление о разбросе мнений респондента.

Следует отметить также, что с течением времени (а исследуются значительные для индивида промежутки времени) характер, психоэмоциональный настрой, профессионализм человека меняются. Интересно отследить динамику его отношений к надёжности и риску, рассматривая a_i как функцию времени. Необходимо учитывать при этом наличие случайной составляющей в высказываниях. Для этого можно использовать аппарат расчёта скользящего среднего, например в следующей интерпретации:

$$a(i) = 1/3(a_{i-1} + a_i + a_{i+1}). \quad (5)$$

Усредняя результаты наблюдений по n точкам (в нашем примере по трём), мы, с одной стороны, компенсируем ошибки наблюдений, с другой — улавливаем тенденцию изменения свойств индивида и среды (она влияет на желание рисковать). Чем больше n, тем меньше влияние ошибок, но грубее модель динамики. При уменьшении n (а также при увеличении общего числа рассматриваемых случаев на заданном временном промежутке) увеличиваются адекватность (гибкость) модели, и, к сожалению, роль помех и ошибок.

Выводы. В настоящее время, основываясь на обширных статистических исследованиях, учёные выявили общие личностные качества государственных руководителей и менеджеров-

предпринимателей, а также различия между ними. Выяснилось, что по подавляющему большинству показателей руководители выделенных групп различаются незначительно. Исключение составляют такие характеристики личности, как сдержанность (экспрессивность), консерватизм (радикализм) и расслабленность (напряжённость). Для государственных деятелей значимо чаще характерны сдержанность, консерватизм и расслабленность, для предпринимателей — экспрессивность, радикализм, напряжённость.

Мы считаем также, что, оценивая личностные качества руководителя, следует рассматривать отдельно предпринимательскую и бизнес-деятельность. Главными критериями различия здесь будут отношение к реальности, отношение к риску и тип поведения.

Выявленные различия личностных профилей сравниваемых групп руководителей можно интерпретировать и с позиций концепции управленческого ролевого поведения. Под ролью менеджера понимают преимущественную принадлежность к определённому виду деятельности и (или) определённый способ поведения, направленный на обеспечение одной из сторон управленческой деятельности.

Установить, насколько личность соответствует руководящей должности в условиях конкретной организации, можно с помощью алгоритма.

Можно определить также степень предрасположенности индивида к предпринимательской и (или) бизнес-деятельности. Одним из механизмов решения данной проблемы является так называемое хронографическое исследование личности.

Применение специальных формул даёт возможность оценить способность предпринимателя дать себе объективную (совпадающую с мнением специалистов) оценку и отследить динамику его отношения к надёжности и риску.

Библиографический список

1. Кудашев, А. Государственные руководители и менеджеры-предприниматели: сравнение черт личности / А. Кудашев // Проблемы теории и практики управления. — 1996. — № 4. — 4 с.

2. Мескон, М. Основы менеджмента : пер. с английского / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. — Москва : Дело, 1992. — 702 с.

3. Ребрик, С. Б. Бизнес-семинары Сергея Ребрика: быть или не быть? / С. Б. Ребрик. — Москва : Тривола, 1999. — 163 с. — (Практическая психология предпринимательства).

4. Управление организацией : энциклопед. словарь. — Москва : ИНФРА-М, 2001. — 822 с.

5. Лябах, Н. Н. Нетрадиционные страницы менеджмента / Н. Н. Лябах, А. Н. Лябах. — Ростов-на-Дону : БАРО-ПРЕСС, 2002. — 208 с.

6. Belbin, R. M. Management teams, why they succeed or fail / R. M. Belbin. — London : Heinemann, 1981. — 212 p.

Материал поступил в редакцию 12.07.2012.

References

1. Kudashev, A. *Gosudarstvennyye rukovoditeli i menedzhery-predprinimateli: sravneniye chert lichnosti.* [State leaders and manager-entrepreneurs: comparison of personality features.] *Problemy teorii i praktiki upravleniya*, 1996, no. 4, 4 p. (in Russian).

2. Mescon, M., Albert, M., Khedouri, F. *Osnovy menedzhmenta: per. s angliyskogo.* [Management: transl. from English.] Moscow: Delo, 1992, 702 p. (in Russian).

3. Rebrik, S.B. *Biznes-seminary Sergeya rebrika: byt ili ne byt?* [Business-seminars by Sergey Rebrik: to be or not to be?] Moscow: Trivola, 1999, 163 p. *(Prakticheskaya psikhologiya predprinimatelstva)* [Applied Business Psychology] (in Russian).

4. *Upravleniye organizatsiyey: entsiklopedicheskiy slovar*. [Organization administration: encyclopedic dictionary.] Moscow: INFRA-M, 2001, 822 p. (in Russian).

5. Lyabakh, N.N., Lyabakh, A.N. *Netraditsionnyye stranitsy menedzhmenta.* [Alternative pages of management.] Rostov-on-Don: BARO-PRESS, 2002, 208 p. (in Russian).

6. Belbin, R.M. Management teams, why they succeed or fail. London: Heinemann, 1981, 212 p.

SYSTEMIZATION AND DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR LEADERS PERSONAL QUALITIES IDENTIFICATION AT VARIOUS LEVELS AND SCOPES OF ACTIVITY

M. V. Kolesnikov
(Rostov State Transport University)

The author considers that a person can possess a psychophysiological proneness to one of the types of the management behaviour: 'civil service', 'entrepreneurship', 'business-activity'. The systemization and development of techniques for the identification of personal qualities of leaders at various levels and scopes of activity are considered. On the basis of Cattell's test, average personality ratings of state leaders and manager-entrepreneurs are shown. Two special types of personality are considered: entrepreneur and businessman. These concepts are compared inter nos. Their meaning is under hold. The personality identification algorithm developed by the author is presented. It permits to evaluate the degree of adequacy for the leadership position of the given person in the specific organization. A set of formulas for the judging of the entrepreneur's capability to make oneself a cold evaluation is offered. The average expert comment is received as an objective evaluation.
Keywords: *personal qualities of leaders, state leader, manager-entrepreneur, rating averaging, entrepreneurial activity, business activity, algorithm of personal identification.*

УДК 332.14.001.57(470.6)

Имитационная модель формирования программы социо-эколого-экономического развития Юга России

А. В. Темирканова
(Южный федеральный университет)

Развитие подходов к концептуальному обоснованию эколого-экономических императивов устойчивого развития социо-эколого-экономической системы региона особенно актуально в контексте интенсификации преобразований в современной макроэкономике и возрастания значимости экологического фактора. Действенность регулирования хозяйствования повышается посредством становления дополнительной совокупности инструментов, принципов и факторов, а возросшая эффективность инструментария требует избирательности в выборе целей, интенсивности усилий и области приложения. Социо-эколого-экономическая модель региона, включающая блок активных инновационных процессов, наиболее перспективна для различных предложений по совершенствованию политики региона. Анализируется формирование программы социо-эколого-экономического развития Юга России, рассматриваются количественные показатели и качественные характеристики макроэкономической ситуации на Юге России, на основе которых возможны прогнозы социо-эколого-экономического развития региона. Приведены возможные сценарии развития санаторно-курортного и туристического комплекса и региона в целом: инерционный и инвестиционный.
Ключевые слова: *прогноз социо-эколого-экономического развития, санаторно-курортный и туристический комплекс, макроэкономическая ситуация.*

Введение. Экологическая обстановка в большинстве районов Юга России остаётся напряжённой, что во многом связано с использованием устаревших технологий, систем управления и неэффективной социо-эколого-экономической политикой государства. Это приводит не только к загрязнению окружающей среды и истощению природных ресурсов, но и прямому экономическому ущербу, связанному со здоровьем населения, который по разным оценкам составляет от 10 до 20 % от ВВП.

Для снижения негативного влияния экологических факторов на здоровье населения необходимо в формировании социо-эколого-экономической стратегии региона учитывать развитие санаторно-курортного и туристического комплекса.

Формирование социо-эколого-экономической стратегии развития Юга России. Определение сильных и слабых сторон, возможностей и угроз социо-эколого-экономического развития Юга России представлены в табл. 1, 2 [1].

Результаты SWOT-анализа были использованы для определения стратегической цели и направлений развития социо-эколого-экономической политики региона.

Формирование социо-эколого-экономической стратегии развития Юга России основывается на определении количественных показателей и качественных характеристик макроэкономической ситуации, ежегодно утверждающихся индикативных планов и прогноза социально-экономического развития региона. Данные прогноза (пессимистичный и оптимистичный варианты) легли в основу инерционного и инвестиционного сценариев развития региона.

Капитальные вложения в связи с подготовкой к Олимпиаде 2014 г. и чемпионату мира по футболу 2018 г., реализация проектов по созданию особых экономических зон, а также реализация федеральных и местных целевых программ по различным направлениям делает любой сценарий развития Юга России, в целом, до 2018 г. оптимистичным. Разница будет относиться, в основном, к территориям, не участвующим в реализации указанных проектов. В дальнейшем (после 2018 г.) инерционный и инновационный сценарии развития будут отличаться существенно.

Таблица 1

SWOT-анализ региона

Сильные стороны:	**Слабые стороны:**
– единственная в России рекреационная зона, сочетающая все природно-климатические и бальнеологические факторы; – развит сегмент семейного и детского отдыха; – социальная стабильность в регионе; – отсутствие таможенных, визовых и прочих формальностей; – отсутствие языковых барьеров; – позитивный образ как стабильно и быстро развивающейся территории; – высокая инвестиционная привлекательность и активность; – высокая степень заинтересованности администрации субъектов в достижении положительных результатов в развитии санаторно-курортного и туристического комплекса; – проведение целенаправленной государственной политики, направленной на решение экологических проблем, путём включения в местные и федеральные целевые программы; – разнообразные ценовые предложения — от дешёвого отдыха в кемпингах, базах отдыха и частном секторе до элитных гостиничных комплексов, вилл и апартаментов; – присутствие в регионе большого количества курортных зон (Азовское и Черноморское побережье, Домбай, Архыз, Тиберда, Приэльбрусье, Пятигорск, Кисловодск и т. д.); – минимальные сроки от принятия решения об отдыхе до прибытия на курорты; – привычная кухня, традиции и культурная среда; – развитая транспортная инфраструктура (морские порты, сеть авто- и железных дорог, аэропорты); – высокая степень обеспеченности населённых пунктов асфальтированными дорогами; – нестабильная политическая ситуация на некоторых конкурирующих направлениях, которая приводит к тому, что россияне порой предпочитают остаться на отдых в своей стране.	– недостаточная конкурентоспособность продукции и услуг санаторно-курортного и туристского комплекса; – несоответствие уровня сервиса и материально-технической базы ценам на курортах; – инфраструктурные ограничения курортных местностей; – ярко выраженный сезонный характер санаторно-курортных и туристских предложений; – устаревшая материально-техническая база некоторых предприятий; – отсутствие ориентации на иностранных туристов (низкий показатель въездного туризма); – неинформированность потенциальной целевой аудитории о бальнеологическом, этно-культурном, спортивном, экстремальном и прочих видах туризма и отдыха, а также о возможностях лечения и отдыха на курортах региона, особенно в межсезонье; – отсутствие в некоторых населённых пунктах железнодорожного сообщения; – низкий уровень квалификации трудовых ресурсов в санаторно-курортной и туристической отраслях; – отставание развития дорожно-транспортной сети от роста пассажирских потоков; – недостаточный уровень использования современных систем управления, организации труда, ресурсосбережения и т. д.; – недостаточно привлекательный имидж многих зон отдыха региона по сравнению с зарубежными курортами-конкурентами; – отсутствие современных мощностей по переработке отходов, что ограничивает развитие некоторых территорий; – неполная реализация стандартов качества; – незащищённость прав отдыхающих в частном секторе; – неотлаженные каналы продаж (сбыта) турпродукта;
Возможности:	**Угрозы:**
– государственная федеральная поддержка развития курортов и зон отдыха; – признание роли курортов как структурообразующей отрасли в экономике региона; – рост инвестиционной активности на Юге России; – повышение маркетинговой и инвестиционной привлекательности Краснодарского края, Ростовской области в связи с проведением Олимпиады 2014 г. в г. Сочи, реализации проектов Особой экономической зоны; – продолжение развития транспортной составляющей (новые автомобильные дороги, новые аэропорты, развитие морского пассажирского транспорта и пр.); – широкие возможности для экскурсионного познавательного туризма; развития новых видов туризма в зависимости от сезона — горно-лыжного, экологического, экстремального и пр.; – повышение конкурентоспособности продукции и услуг курортной сферы на основе модернизации и реконструкции здравниц, строительства новых комплексов; – формирование новых курортных туристских брендов и турпродуктов;	– усиление конкуренции со стороны стран, активно продвигающих пляжный и оздоровительный отдых (Украина, Болгария, Турция, Хорватия, Кипр, Италия, Испания, Австрия, Словения); – снижение числа льготных отдыхающих по линии ФСС; – сокращение бюджетных ассигнований (как из федерального, так и местных бюджетов) на развитие курортной сферы и рекламную кампанию; – удорожание проезда к месту отдыха и, как следствие, снижение конкурентоспособности цены на отдых в регионе; – ухудшение экологического состояния от промышленного, сельскохозяйственного и городского загрязнения; – угроза снижения конкурентоспособности предприятий в связи с вступлением в ВТО; – проблема несогласованных действий в вертикали «регион — муниципалитеты — санаторно-курортные и туристские предприятия»; – сложная и длительная переориентации с выездного, на въездной туризм туроператоров и турагентств

Продолжение таблицы 1

– эффективное использование трудовых ресурсов за счёт миграционного притока из других регионов России и стран СНГ; – дальнейшее развитие международных связей, стимулирование создания на территории региона иностранных и совместных предприятий в сфере курортов и туризма, стимулирование притока иностранных туристов; – развитие рынка страховых услуг приведёт к увеличению спроса на услуги долечивания и реабилитации в санаторно-курортных предприятиях; – возможности для смены мест и типов отдыха в течение года или по сезонам; – формирования сбалансированной и взаимоувязанной концепции продвижения курортных и туристских продуктов на российский рынок, позиционирование брендов курортных городов, ориентированных на целевой сегмент; – развитие каналов продаж путём франчайзинга, расширения сети турагентств, создания информационно-туристских центров; – построение вертикали «регион — муниципалитеты — санаторно-курортные и туристские предприятия» для согласованных действий по рекламе, развитию территорий и продвижению турпродуктов.	

Таблица 2

Анализ соотношений сильных и слабых сторон с возможностями и угрозами

SO	WO
1. Выгодное географическое расположение позволяет придать дополнительную ценность природным ресурсам и развивать лечебную направленность курортов. 2. Тёплый мягкий климат позволяет предлагать отдых на курортах круглый год, что окажет положительное влияние на прибыльность бизнеса, жизнеспособность индустрии туризма в долгосрочной перспективе и привлечении инвестиций. 3. Развитая транспортная инфраструктура способствует росту инвестиций в развитие региона. 4. Обеспеченность курортных населённых пунктов асфальтированными дорогами позволит увеличить доступ к конкретным достопримечательностям и туристическим продуктам и упростить процесс передвижения потоков туристов. 5. Основную роль в становлении морских курортов может играть развитие морских пассажирских перевозок, яхтинга и движение маломерных судов. 6. На перспективу предусмотрено строительство новых железнодорожных веток. 7. Реконструкция существующих аэропортов позволит увеличить число авиаперевозок отдыхающих прямыми беспосадочными рейсами из различных регионов России. 8. Расширение сети авиационных линий по регионам России, а также выполнение международных авиарейсов из стран ближнего и дальнего зарубежья, позволит значительно расширить диапазон туристских предложений. 9. Природно-климатические факторы позволят развивать туризм постоянно, избегая межсезонья. 10. Имидж благополучного региона, повышение конкурентоспособности комплекса будут способствовать увеличению въездного туризма, в том числе росту числа иностранных туристов.	1. Сезонность предоставляемых услуг уменьшает поток финансовых ресурсов, необходимых для развития курорта. 2. Низкий уровень квалификации трудовых ресурсов отрицательно сказывается на имидже курорта, что в свою очередь отражается на качестве предоставляемых услуг и, соответственно, потоке туристов. 3. Развитие инфраструктуры отстаёт от роста турпотока и снижает удовлетворённость посетителей отдыхом в целом. 4. Отсутствие территориальной схемы развития ряда курортов, современных мощностей по переработке отходов ведёт к ухудшению экологической ситуации, что снижает привлекательность и конкурентоспособность курортов. 5. Неурегулированность некоторых вопросов в неорганизованном частном секторе, отсутствие единых стандартов обслуживания ведёт к снижению качества услуг.

Продолжение таблицы 2

11. Продолжать развивать сегмент семейного и детского отдыха в соответствие с маркетинговой и рекламной стратегией. 12. Продолжать государственную поддержку отрасли для сохранения высокой инвестиционной привлекательности	
ST	**WT**
1. Позиционировать новые виды отдыха. Необходимо активно развивать экологический, экстремальный, этнический и др. 2. Строить новые автомобильные дороги и аэропорты. 3. Развитие инженерного обеспечения на курортных территориях необходимо осуществлять путём реконструкции и капитального ремонта существующих систем в сочетании с созданием современной сети инженерных коммуникаций, вводимых в строй в рамках планируемого строительства и реализации инвестиционных проектов по развитию курорта. 4. Строить и реконструировать средства размещения для различных сегментов потребителей, сохранять разнообразие ценовых предложений. 5. Усиливать вертикали «регион — муниципалитеты — предприятия» для согласованных действий, использовать консолидированный рекламный бюджет	1. Повышать уровень квалификации трудовых ресурсов для предоставления высококачественного обслуживания. 2. Развивать сегмент высокого уровня обслуживания. 3. Для защиты курорта от загрязнения окружающей среды необходимо совершенствовать и реконструировать систему обработки сточных вод и утилизации твёрдых отходов. 4. Работать с Фондом социального страхования по увеличению льготных путёвок в межсезонье. 5. Работать с транспортными структурами по снижению стоимости проезда (скидки для туристских групп, семейные скидки). 6. Работа с туроператорами по расширению рынка сбыта турпродукта региона

1. *Инерционный сценарий.*

Санаторно-курортный и туристский комплекс региона развивается без изменения структуры экономики, сохраняются темпы роста основных показателей на пессимистичном уровне.

Недостаточное развитие инженерной инфраструктуры (на территориях, не связанных с различными проектами) приведёт к недоиспользованию санаторно-курортного и рекреационного ресурса, либо превышение допустимых нагрузок на инфраструктуру может привести, соответственно, к ухудшению экологической ситуации — загрязнению окружающей среды. В этом случае необходимо будет ограничивать туристские потоки до уровней обеспеченности инженерной инфраструктурой, сравнимых с необходимыми расчётными удельными показателями. Иначе процессы деградации природного комплекса продолжатся и могут приобрести необратимый характер.

Инерционный сценарий не предусматривает значительного роста капитальных вложений в развитие инфраструктурного обслуживания территорий региона: будут работать и поддерживаться в эксплуатационном состоянии только уже существующие объекты инфраструктуры.

Несмотря на то, что в регионе реализуется большое число программ различных уровней по формированию, поддержанию и продвижению санитарно-курортного и рекреационного ресурса Юга России, останутся неразрешёнными следующие проблемы.

1. Сокрытие реального оборота денежных средств в частном «неорганизованном» секторе. Это подтверждают данные:

– уровень жизни населения в курортных зонах в среднем в 2—3 раза выше, чем в аграрных районах, при одинаковом расходовании денежных средств на душу населения из консолидированного бюджета;

– стоимость недвижимости в курортных зонах оценивается на уровне цен центра субъектов, а в отношении некоторых городов, например, г. Сочи, приближена к столичным ценам;

– концентрация курортного сезона в границах 2,5—3 месяцев делает практически невозможным административно контролировать товарно-денежные потоки в санаторно-курортной и туристской отрасли, а также предприятий торговли, сервиса, индустрии развлечений [2].

Необходимо проведение мероприятий с целью полноценного вовлечения малых средств размещения в санаторно-курортный и туристический комплекс региона на равных правах с другими организациями.

2. Неэффективная работа санаторно-курортных предприятий с Фондом социального страхования Российской Федерации при проведении торгов по распределению путёвок для льготной категории граждан по регионам России, а также сокращение бюджетного финансирования социального туризма и, как следствие, невысокий уровень загрузки здравниц в межсезонье.

3. Недостаточная интенсивность рекламных кампаний по пропаганде лечебных и туристско-рекреационных возможностей курортов.

4. Отсутствие сотрудничества санаторно-курортных предприятий с лечебно-профилактическими учреждениями по вопросам пропаганды данными учреждениями лечения и профилактики заболеваний в санаторно-курортных предприятиях.

5. Постоянное увеличение стоимости проезда на курорты в сезон.

6. Недостаточно развитая особенно в межсезонье туристская инфраструктура (экскурсионные маршруты, объекты, предназначенные для развлечения).

7. Необустроенность территории, прилегающей к объектам туристского показа, экскурсионным объектам, недостаточное обеспечение безопасности.

8. Снижение финансовой устойчивости, ценовой и сервисной конкурентоспособности организаций и предприятий санаторно-курортного и туристского комплекса в связи с сезонностью, ростом цен на продукты, земельных и коммунальных платежей.

9. Несоответствие существующей материально-технической базы санаторно-курортного и туристского комплекса требованиям платёжеспособного клиента.

10. Нецелевое использование и различные злоупотребления земельными участками на курортных территориях, так как не по всем курортным территориям утверждены округа санитарной охраны курортов.

Согласно инерционному сценарию развития к 2020 г. в отрасли будет функционировать не более 3400 коллективных средств размещения (КСР). После всплеска инвестиционной активности при подготовке к Олимпиаде 2014 г. и чемпионату мира по футболу 2018 г. возможно снижение интереса к курортам региона. При отсутствии рекламной и маркетинговой стратегии, снижении качества обслуживания, повышении экологической напряжённости число отдыхающих может снизиться с 17 млн в 2013 г. до 15 млн в 2020 г., что приведёт к падению показателей по объёму услуг и налоговым поступлениям в сопоставимой оценке.

Показатели развития санаторно-курортного и туристического комплекса региона по первому сценарию представлены в табл. 3.

Таблица 3

Развитие санаторно-курортного и туристского комплекса по первому сценарию

Годы	Кол-во КСР, ед.	Численность занятых в комплексе, тыс. чел.	Число организованных туристов, млн чел.	Число неорганизованных туристов (с учётом однодневных), млн чел.	Объём услуг (доходы КСР), млрд руб.	Сумма налогов, поступающих в местные и федеральный бюджет, млрд руб.
2013	3400	217	7,5	16	72 (при $I_д$ = 107 %)	7,2
2020	3400	358	7,5	12	101,3 (при $I_д$ = 105 %)	10,1

2. Инновационный сценарий.

В рамках стратегии развития региона проводятся мероприятия по развитию инженерной и транспортной инфраструктуры, оказывается содействие по реализации инвестиционных проектов. Результатом становится создание новых высокотехнологичных объектов курортного профиля, в том числе оздоровительных и развлекательных комплексов, искусственных пляжей, предприятий по переработке и утилизации отходов и т. п.

Приоритетом развития станет создание круглогодичного курортного комплекса, предлагающего туристам современный и качественный отдых.

Для этого в отрасли реализуются инвестиционные проекты и за счёт бюджетных средств и средств частных инвесторов. Департаменты комплексного развития курортов и туризма, органы местного самоуправления курортных территорий осуществляют план стратегических мероприятий развития комплекса, активно устраняют слабые стороны курортной отрасли, используют возможности отрасли для развития и повышения конкурентоспособности.

С целью создания уникальной атмосферы «Русского Юга» и сохранения нормальной экологической ситуации на курортах предстоит:

– обеспечить европейский уровень чистоты и благоустройства зон отдыха;

– создать привлекательную атмосферу курортных городов, уделив внимание архитектурному облику всех сооружений центральных пешеходных улиц, правильному соотношению парковых, коммерческих и транспортных зон;

– развивать коммунальную инфраструктуру для бесперебойного обеспечения коммунальными услугами растущего потока туристов;

– сохранить нормальную экологическую ситуацию в курортных городах.

Без увеличения объёмов авиаперевозок и расширения доли чартерных рейсов невозможно создание конкурентоспособного предложения для туристов со средним и высоким уровнем доходов, поэтому при реализации инновационного сценария необходимо:

– повысить уровень сервиса и удобства для пассажиров в аэровокзалах и на железнодорожных вокзалах, что включает оптимальную организацию движения пассажиров, наличие информационных табло и справочных служб, наличие вентиляции и кондиционирования, комфортабельных туалетных комнат, и т. д.;

– создать возможности для приёма крупных международных воздушных судов аэропортами Юга России;

– повысить степень комфортности железнодорожного сообщения путём снижения среднего времени в пути, обеспечения кондиционирования, надлежащего благоустройства, чистоты и состояния вагонов и повышения уровня обслуживания;

– повысить комфортность автомобильного путешествия по основным трассам, (наличие туалетов, освещения и необходимой информации о станциях техобслуживания, медицинской и экстренной помощи);

– устранить ряд узких мест в автомобильном сообщении, осуществить строительство объездных дорог.

Для формирования конкурентоспособного предложения, соответствующего мировым стандартам необходимо провести ряд мероприятий:

– сформировать гостиничное предложение, отвечающее спросу целевых сегментов туристов, т. е. увеличить долю гостиниц высокого и среднего класса, а также развивать современные форматы гостиничного предложения — гостиницы по системе «всё включено», виллы и комплексы апартаментов, туристические деревни;

– использовать современные стандарты территориального планирования строительства, архитектуры и дизайна при развитии гостиничных комплексов;

– внедрить международные стандарты услуг, менеджмента качества, стандартизировать весь гостиничный сектор, в том числе частный сектор и мини-гостиницы;

– использовать новые технологии сети Интернет, развить систему дистрибуции, франчайзинга.

Согласованные действия органов исполнительной власти и органов местного самоуправления в решении проблем отрасли, развитие новых видов туризма, территорий с туристским по-

тенциалом приведёт к увеличению средств размещения до 2700 тыс. руб. в 2020 г. При этом туристский поток вырастет до 45 млн чел. Доля организованных туристов возрастёт с 25 до 46 %. Объём услуг (доходы КСР) превысит 432 млрд руб. Следовательно, будет более полно реализован туристский потенциал региона.

С применением инновационных технологий интенсивнее будут осуществляться проекты создания Особой экономической зоны.

В рамках реализации проекта по созданию туристско-рекреационной особой экономической зоны предусмотрено [3]:

– освобождение от уплаты налога на прибыль, имущество и от земельного налога до срока окупаемости капитальных вложений, но не более, чем на 5 лет;

– снятие 30 %-го ограничения на перенос убытков на последующие налоговые периоды;

– использование ускоренного механизма амортизации собственных основных средств.

Это повысит инвестиционную привлекательность проекта. Сопровождение и поддержка со стороны руководства местных органов самоуправления и структур, ответственных за вопросы развития зон отдыха и туризма, ускорят реализацию проекта, приведут к быстрой налоговой отдаче, повышению показателей развития и конкурентоспособности отрасли.

Показатели развития санаторно-курортного и туристского комплекса региона по второму сценарию представлены в табл. 4.

Таблица 4

Развития санаторно-курортного и туристского комплекса по второму сценарию

Годы	Кол-во КСР, ед.	Численность занятых в комплексе, тыс. чел.	Число организованных туристов, млн чел.	Число неорганизованных туристов, млн чел.	Объём услуг (доходы КСР), млрд руб.	Сумма налогов поступающих в местные и федеральный бюджет, млрд руб.
2013	3400	217	7,5	16	77 (при $I_Д$ = 107 %)	7,2
2020	4700	458	13,5	10	232 (при $I_Д$ = 105 %)	23,20

Для расчётов реального вклада туризма в экономику региона необходимо использовать коэффициент мультипликации (специальные методы досчёта косвенного и индуцированного эффекта от туризма) [4].

Туристский мультипликативный анализ всестороннего вклада туризма в экономику оперирует тремя видами эффекта:

– прямой, который характеризует влияние туристских расходов на собственный объём валового производства услуг в туризме;

– косвенный, который определяется как дополнительный удельный выпуск в других отраслях (вне сферы туризма), вызванный туристскими расходами;

– индуцированный, вызывается в результате расходования домашними хозяйствами доходов, полученных как непосредственно в сфере туризма, так и вследствие создания косвенного эффекта туристских расходов в других отраслях экономики региона.

Так как чёткой методики досчёта сегодня не существует, возможна только оценка реального вклада санаторно-курортного и туристского комплекса в экономику региона — примерно 7—10 % от ВРП, что более чем в 3 раза больше прямого вклада [5].

Заключение. Реализация предлагаемых сценариев ведёт к различному приросту объёмов производимой продукции и услуг, а также различным поступлениям в бюджет. Расчёты, приведённые в таблицах, показывают, что наиболее предпочтительным по всем основным показателям развития санаторно-курортного и туристского комплекса является второй сценарий.

Независимо от реализации проектов федерального уровня, реализация инновационного сценария позволит повысить конкурентоспособность санаторно-курортного и туристского комплекса за счёт повышения эффективности отдачи каждого квадратного метра курортных территорий.

Библиографический список

1. Анопченко, Т. Ю. Эколого-экономические риски урбанизированных территорий: концепция, причины, последствия : автореф. дис. ... д-ра экон. наук / Т. Ю. Анопченко. — Ростов-на-Дону, 2008. — 48 с.

2. Чернышёв, М. А. Муниципальное управление экологической политикой города Ростова-на-Дону / М. А. Чернышёв, С. Г. Тяглов, Т. Ю. Анопченко // Проблемы региональной экологии. — 2007. — № 6. — С. 135–140.

3. Об особых экономических зонах в РФ : федер. закон : [прин. Государственной Думой РФ от 22 июля 2005 г. № 116-ФЗ (в ред. Федерального закона от 06.12.2011 № 409-ФЗ)] [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. — Режим доступа: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=123058/ (дата обращения: 03.12.12).

4. Ходова, А. В. Сущность и институциональные особенности экологического туризма / А. В. Ходова // Экономический вестник Ростовского государственного университета. — 2008. — Т. 6, № 4, ч. 3. — С. 163.

5. Темирканова, А. В. Концептуальные основы современной экологоориентированной модели Юга России / А. В. Темирканова, М. А. Чернышёв // Наука и образование: хозяйство и экономика, предпринимательство, право и управление. — 2012. — № 10 (29). — С. 5.

Материал поступил в редакцию 11.09.2012.

References

1. Anopchenko, T.Y. *Ekologo-ekonomicheskiye riski urbanizirovannykh territoriy: kontseptsiya, prichiny, posledstviya : avtoref. dis. ... d-ra ekon. nauk.* [Eco-economic risks of urban lands: conception, sources, consequences: Dr. econ. sci. author's abstract.] Rostov-on-Don, 2008, 48 p. (in Russian).

2. Chernyshev, M.A., Tyaglov, S.G., Anopchenko, T.Y. *Munitsipalnoye upravleniye ekologicheskoy politikoy goroda Rostova-na-Donu*. [Municipal board of ecological policy in Rostov-on-Don.] *Problemy regionalnoy ekologii*, 2007, no. 6, pp. 135–140 (in Russian).

3. *Ob osobykh ekonomicheskikh zonakh v RF: feder. zakon: [prin. Gosudarstvennoy Dumoy RF ot 22 iyulya 2005 g. № 116-FZ (v red. Federalnogo zakona ot 06.12.2011 № 409-FZ)]* [On special economic zones in RF: fed. law: approved by State Duma of RF, 22 July 2005, no. 116-FZ (rev. ver. Federal law, 6 December 2011, no. 409-FZ)] Consultant-Plus. Available at: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=123058/ (accessed: 03.12.12) (in Russian).

4. Khodova, A.V. *Sushchnost i institutsionalnyye osobennosti ekologicheskogo turizma.* [Essence and institutional features of eco-tourism.] *Ekonomicheskiy vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2008, vol. 6, no. 4, part 3, p. 163 (in Russian).

5. Temirkanova, A.V., Chernyshev, M.A. *Kontseptualnyye osnovy sovremennoy ekologooriyentirovannoy modeli Yuga Rossii.* [Conceptual framework of modern ecology-oriented model of southern Russia.] *Nauka i obrazovaniye: khozyaystvo i ekonomika, predprinimatelstvo, pravo i upravleniye*, 2012, no. 10 (29), p. 5 (in Russian).

SIMULATION MODEL OF MAKING SOCIO-ECO-ECONOMIC DEVELOPMENT PROGRAM FOR SOUTHERN RUSSIA

A. V. Temirkanova
(Southern Federal University)

The development of the conceptual approaches to the justification of the eco-economic imperatives of the sustainable socio-eco-ecological regional system is particularly relevant in the context of the transformation intensification in the modern macroeconomics and the increasing significance of the environmental factor. The economy management efficiency goes up through the development of additional tooling, principles and factors, and the increased instrument value claims target selectivity, tension, and application areas. The socio-eco-ecological regional model including a package of active innovation processes is the most promising for various offers for the development of the regional policy. The program generation of the socio-eco-ecological development of the southern Russia is analyzed. Both quantitative indices and qualitative characteristics of the macroeconomic situation in the south of Russia are considered. On their basis, the socio-eco-ecological development of the region can be projected. Potential scenarios of the development of the health resort and tourist complex, and of the region at large: inertia and investment — are presented.

Keywords: *forecast of socio-eco-economic development, health resort and tourist complex, macroeconomic situation.*

УДК 42

Результаты гендерного анализа образовательного процесса технического вуза

Н. А. Сухорукова
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Представлены результаты гендерного анализа образовательного процесса технического вуза. Гендерный анализ проводится поэтапно, характеризуется чётко структурированной схемой. В рамках данного исследования гендерный анализ представляется составной частью гендерной стратегии технического университета. Он позволяет выявить уровень гендерной чувствительности основных составляющих образовательного процесса. Гендерная стратегия вуза обоснована и рассматривается как практический механизм реализации идей и принципов гендерного подхода в образовательной практике учебных заведений высшего звена. Автором разработана шкала оценки гендерной чувствительности образовательного процесса вуза и обоснованы критерии, которые необходимо учитывать, проводя гендерный анализ. С этой точки зрения исследовались интеракции субъектов образовательного процесса, содержание учебного материала, научно-исследовательские интересы студентов и студенток, системы методов и приёмов работы со студенческой молодёжью. В результате выявлен ряд важных гендерных проблем образовательного процесса технического вуза — в частности, низкий уровень гендерной чувствительности названных выше объектов исследования.
Ключевые слова: *гендерный подход, гендерный анализ, образовательный процесс вуза, составляющие образовательного процесса, гендерная чувствительность, критерии гендерного анализа.*

Введение. Гендерный подход в современных социально-педагогических науках использует научный потенциал теоретико-методологических основ концепции гендера как системной характеристики социума. Основная концептуальная идея данного подхода заключается в том, что гендер — это социальный конструкт, который возникает, существует и претерпевает изменения под влиянием культуры общества. Понятие «гендер» отражает идею социального конструирования различий между женщинами и мужчинами. Гендер порой называют «культурной маской» пола, которая определена социокультурными представлениями личности [1].

На сегодняшний день гендерный подход в теории и практике образования переживает стадию институционализации и развития. Гендерная педагогика — это сравнительно новая отрасль современного знания. А это означает, что учёт гендерного фактора в сфере образования, в том числе высшего профессионального, является актуальной проблемой, требующей решения и в теории, и в учебно-воспитательной практике [2, 3, 4].

Основная часть. Анализ литературы позволяет констатировать, что в настоящее время остаются недостаточно изученными вопросы применения методологии гендерного подхода в образовательном процессе средних и высших профессиональных учебных заведений [5, с. 155].

По нашему мнению, на качестве и эффективности образовательных проектов и программ негативно сказывается то, что принципы гендерного подхода в образовании применяются весьма ограниченно. Необходимость использования комплексных мер по дальнейшей реализации гендерного подхода в педагогической науке и практике образования подтверждается в работах О. А. Ворониной, О. И. Ключко, Л. И. Столярчук, Л. В. Штылева и др. [1, 3, 4, 6].

Накопленный исследовательский опыт позволил нам интегрировать гендерный подход в образовательный процесс технического вуза посредством разработки и апробации **гендерной стратегии**. Под гендерной стратегией высшего профессионального учебного заведения мы понимаем согласованные действия, которые направлены на достижение фактического гендерного равенства и определяют как гендерночувствительные цели, задачи, принципы, приоритеты образовательной и воспитательной политики учебного заведения на средне- и долгосрочный период [5, с. 156].

Цели гендерной стратегии технического вуза — закрепление гендерной чувствительности в качестве неотъемлемого компонента всех учебно-воспитательных процессов, создание комфортного образовательного пространства на основе принципа эгалитаризма и партнёрства женщин и мужчин в социуме.

Гендерночувствительное образование мы определили как специально организованную, целенаправленную учебно-воспитательную деятельность, неотъемлемой характеристикой которой является учёт гендерного фактора и ориентация на наполняемость гендерными смыслами всех составляющих образовательного процесса [5, с. 157].

Исходя из поставленных целей, мы сформулировали этапы реализации гендерной стратегии в реальном образовательном процессе технического вуза:

1) изучение и анализ существующей гендерной ситуации в вузе;

2) выявление имеющихся гендерных проблем;

3) разработка вариантов решения проблем, апробация комплексной системы педагогических мероприятий по их преодолению;

4) мониторинг динамики развития проекта, выработка рекомендаций, формулировка выводов и подведение итогов (табл. 1). В данной статье мы предпринимаем попытку отобразить полученные результаты первого и второго этапов реализации гендерной стратегии вуза.

По нашему мнению, рабочим инструментом реализации гендерного подхода является гендерный анализ. Под гендерным анализом понимают изучение различий в условиях, потребностях, степени участия, доступа к ресурсам и развитию, а также анализ и оценку политик, программ и институтов с точки зрения того, как они учитывают принципы гендерного равенства [1].

Результаты гендерного анализа в различных социокультурных сферах подтверждают несостоятельность распространённого мнения о том, что любой человек, независимо от пола, испытывает одинаковое воздействие политических курсов, законодательства, программ, проектов и пр. [1]. Таким образом, при наличии гендерного подхода к анализу, например, образовательного процесса в техническом вузе, станет возможным вскрыть прежде незаметные (скрытые) последствия «гендернонейтрального» обучения и воспитания, т. е. процесса, осуществляемого без учёта гендерного фактора как интегрального компонента образования.

В рамках предложенной нами гендерной стратегии технического вуза мы предприняли попытку гендерного анализа основных составляющих образовательного процесса, к числу которых относятся:

1) интеракции субъектов педагогического процесса (гендер педагога, отношение педагогов к студентам и студенткам, студенческий коллектив и взаимоотношения гендеров в нём, гендерные ценностно-смысловые ориентации и установки студенческой молодёжи);

2) содержание учебного материала (Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования, рабочие программы дисциплин социально-гуманитарного блока, учебники, учебно-методические пособия, хрестоматии и т. д.);

3) система воспитательных мероприятий;

4) система методов и приёмов работы со студентами и студентками;

5) сфера научно-исследовательских интересов студенческой молодёжи [7].

Гендерный анализ в данном случае включает в себя первый и второй этапы гендерной стратегии, т. е. анализ существующей гендерной ситуации и выявление соответствующих проблем (табл. 1).

В научной литературе сформулированы рекомендации по осуществлению гендерного анализа при разработке политических курсов, социальных программ и исследовательских проектов. Основываясь на них, мы выделяем три этапа исследования, позволяющего определить уровень использования гендерного подхода в образовательном процессе вуза [8]. Эти этапы являются

своего рода матрицей для анализа образовательного процесса любого учебного заведения. Под **матрицей гендерного анализа** мы понимаем обобщённую схему пошаговых, чётко запланированных и структурированных исследовательских действий по сбору и классификации данных, выявлению проблем и разработке вариантов их решения. Примечательно, что на сегодняшний день в Российской Федерации крайне мало данных по гендерному анализу образовательного процесса учебных заведений.

Таблица 1

Этапы реализации гендерной стратегии вуза

Части гендерной стратегии	№ этапа	Название этапа
Гендерный анализ образовательного процесса	1	Изучение и анализ существующей гендерной ситуации в вузе
	2	Выявление имеющихся гендерных проблем
Комплексное развитие гендерной чувствительности образовательного процесса	3	Разработка вариантов решения проблем, апробация комплексной системы педагогических мероприятий по их преодолению
	4	Мониторинг динамики реализации проекта, выработка рекомендаций, формулировка выводов и подведение итогов

Итак, матрица гендерного анализа образовательного процесса учебного заведения включает в себя следующие этапы: 1) проблемно-целевой; 2) информационно-аналитический; 3) коммуникационно-оценочный. Этапы осуществления гендерного анализа и их содержание представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание этапов анализа образовательного процесса учебного заведения

№ этапа	Название этапа	Содержание этапа
1	Проблемно-целевой	Определение проблемы. Постановка целей и задач.
2	Информационно-аналитический	Сбор и обработка количественных данных. Построение сравнительных схем и диаграмм. Составление и внедрение анкет и опросников. Наблюдение, интервьюирование, анкетирование, контент-анализ содержания рабочих программ и учебников, проведение индивидуальных и групповых бесед и пр.
3	Коммуникационно-оценочный	Выявление общих закономерностей и тенденций. Подведение итогов, формулировка выводов и рекомендаций.

В соответствии с заявленной матрицей гендерного анализа мы приступили к проблемно-целевому этапу. При определении проблемы мы исходили из того, что в системе образования отражаются и усиливаются гендерная стереотипия и асимметрия, укоренившиеся в обществе. При этом система образования в целом и отдельные учебные заведения в частности остаются «слепыми», нечувствительными к достижениям гендерных исследований в социально-педагогических науках. Поэтому цель данного этапа — выявить исходный уровень гендерной чувствительности образовательного процесса в техническом вузе. Таким образом, необходимо ответить на два вопроса. Первый: учитывается ли гендер как интегральный компонент при планировании образовательного процесса? Второй: созданы ли условия для свободного всестороннего развития, самореализации и самоактуализации личности, свободные от гендерных стереотипов и негативного воздействия гендерной асимметрии, понимаемой в широком смысле? Объект гендерного анализа — образовательный процесс технического вуза. Предмет — основные составляющие образовательного процесса вуза.

На информационно-аналитическом этапе гендерного анализа потребовалось проанализировать основные составляющие образовательного процесса с позиций гендерного подхода в педагогике, чтобы генерировать информацию об исходном уровне гендерной чувствительности.

Для осуществления гендерного анализа (в дальнейшем — ГА) основных составляющих образовательного процесса технического вуза мы определили совокупность критериев, демонстри-

рующих достижение определённого уровня гендерной чувствительности образовательного процесса вуза (табл. 3).

Таблица 3

Содержание критериев гендерного анализа для определения уровня гендерной чувствительности образовательного процесса

Составляющие образовательного процесса		Критерии гендерного анализа	Исследовательские действия по осуществлению ГА
1	Интеракции субъектов педагогического процесса	*Учтено / частично учтено / не учтено* отношение педагога к студентам и студенткам, гендерный состав студенческого коллектива и взаимоотношения гендеров в нём.	1. Сбор количественных данных о гендерном составе контингента студентов. 2. Выявление специфики гендерного взаимодействия субъектов образовательного процесса. 3. Генерирование качественных данных о гендерных ценностно-смысловых ориентациях и установках студенческой молодёжи. 4. Выявление общих направлений в индивидуальных образовательных планах и карьерных экспектациях. 5. Определение уровня осведомлённости студентов и студенток о социальной обусловленности многообразия и специфики гендерных ролей, приписываемых женщинам и мужчинам.
2	Содержание дисциплин социально-гуманитарного блока	*Включена / не всегда включена / не включена* гендерная составляющая в рабочие программы дисциплин социально-гуманитарного блока, в учебники, учебно-методические пособия, хрестоматии и т. д., в содержание занятий.	1. Анализ ФГОС ВПО и содержания рабочих программ социально-гуманитарных дисциплин в контексте феномена «гендер». 2. Выявление случаев, когда педагог стимулирует обращение к гендерной тематике на занятиях.
3	Система методов и приёмов обучения и воспитания	*Принимается во внимание / игнорируется* информация о том, какие методы и приёмы способствуют усвоению гендерных знаний и формированию ценностно-смысловых ориентаций студентов и студенток. *Применяются / не применяются* интерактивные методы создания условий сотрудничества. *Используется / не используется* когнитивная и рефлексивно-оценочная деятельность студентов и студенток.	Анализ методов и приёмов, обеспечивающих усвоение гендерных знаний и формирование соответствующих ценностно-смысловых ориентаций обучающихся.
4	Система воспитательных мероприятий	*Наличие / отсутствие* гендерной проблематики в морально-этических беседах кураторов с группами. *Сбалансирована / несбалансирована* гендерная направленность воспитательных мероприятий вуза (для какого гендера они предназначены).	Определение специфики включения гендерного компонента в воспитательный процесс.
5	Сфера научно-исследовательских интересов студенческой молодёжи	*Наличие / отсутствие* гендерной проблематики в студенческих научно-исследовательских проектах по социально-гуманитарным дисциплинам и в планах самообразования студентов.	Выявление гендерноориентированных тем научно-исследовательской деятельности студентов.

Исходный уровень гендерной чувствительности составляющих образовательного процесса измерялся по шкале от 1 до 3 баллов.

Мы считаем, что уровень гендерной чувствительности образовательного процесса вуза может быть низким (1 балл), средним (2 балла) или достаточным, высоким (3 балла).

Заключение. В итоге проведённого информационно-аналитического этапа гендерного анализа образовательного процесса технического вуза выявлены существенные проблемы, характерные

для большинства высших учебных заведений в нашей стране. В содержании и педагогическом наполнении учебно-воспитательного процесса вуза мы отметили:

- нарушение одного из основных принципов гендерного подхода в образовании — принципа равного отношения и результата;
- трансляция гендерных стереотипов и поддержка биодетерминистских взглядов в содержании учебных дисциплин социально-гуманитарного блока;
- наличие гендерных дискриминационных практик в интеракциях субъектов образовательного процесса;
- отсутствие педагогических мероприятий, способствующих развитию гендерной чувствительности образовательного процесса и созданию условий для формирования гендерных ценностно-смысловых ориентаций студентов и студенток.

Полученные результаты позволили перейти к коммуникационно-оценочному этапу гендерного анализа образовательного процесса технического вуза. Цель этого этапа — не констатировать игнорирование гендерных вопросов в образовательной политике вуза, а изыскивать пути радикального изменения ситуации. В свете выявленной гендерной проблематики мы предлагаем учитывать феномен гендера в целеполагании комплекса учебно-воспитательных усилий. Это позволит развивать гендерную чувствительность образовательного процесса вуза. Для достижения положительных изменений в данной ситуации необходимо, чтобы гендерный фактор стал неотъемлемой частью всех обозначенных составляющих образовательного процесса. Перспективными направлениями дальнейшей реализации гендерной стратегии вуза мы считаем следующие.

- Внесение гендерной составляющей в содержание дисциплин социально-гуманитарного блока двумя способами:

  1) органичным включением в тематику изучаемых дисциплин;

  2) введением в учебный процесс специальных курсов по гендерному образованию.

- Изменение приоритетов в пользу тех методов обучения и воспитания, которые предполагают когнитивно-оценочную и рефлексивную деятельность студентов при освоении материала.
- Подбор гендерноориентированных тем студенческих научно-исследовательских проектов и работ.
- Использование позитивных примеров гендерных взаимоотношений, поддержка свободного выбора линии гендерного поведения в зависимости от ситуации общения, смягчение и нейтрализация гендерных различий при осуществлении воспитательной работы в вузе.
- Стимулирование и поощрение в образовательном процессе интеракций, свободных от гендерных стереотипов и основанных на принципах равенства и толерантности.

Итак, при гендерном анализе образовательного процесса вуза получены следующие результаты.

1. Отмечен низкий уровень гендерной чувствительности образовательного процесса по всем критериям.
2. В вузе не создаются условия для всестороннего развития, самореализации и самоактуализации личности.
3. Сохраняется зависимость от негативного влияния гендерных стереотипов и гендерной асимметрии.
4. Подтверждена необходимость и актуальность дальнейшей реализации гендерной стратегии вуза.
5. Обозначены перспективные направления этой стратегии.

Библиографический список

1. Глоссарий МЦГИ [Электронный ресурс] / под ред. О. А. Ворониной. — Режим доступа: http://www.gender.ru/russian/glossary/ (дата обращения: 20.05.2012).

2. Бояркина, М. В. Гендерно-ролевая социализация как фактор воспитания личности студента в образовательном процессе вуза : автореф. дис. … канд. пед. наук / М. В. Бояркина. — Чита, 2007. — 19 с.

3. Столярчук, Л. И. Методология гендерного подхода в педагогическом исследовании / Л. И. Столярчук // Язык педагогики в контексте современного научного знания : мат-лы Всерос. методол. конф.-семинара / гл. ред. В. В. Краевский. — Волгоград; Краснодар; Москва, 2008. — 284 с.

4. Штылева, Л. В. Фактор пола в образовании: гендерный подход и анализ / Л. В. Штылева. — Москва : ПЕР СЭ, 2008. — 316 с.

5. Сухорукова, Н. А. Реализация гендерного подхода в образовательной практике технического вуза / Н. А. Сухорукова // Мир науки, культуры, образования. — 2012. — № 2 (33). — С. 155–158.

6. Ключко, О. И. Интегративная стратегия гендерного подхода в социальном познании : автореф. дис. ... д-ра филос. наук / О. И. Ключко. — Саранск, 2009. — 35 с.

7. Лысова, И. И. Формирование гендерной культуры будущего специалиста в образовательном процессе вуза : автореф. дис. ... канд. пед. наук / И. И. Лысова. — Белгород, 2009. — 25 с.

8. Пособие по гендерному анализу [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.owl.ru/canadian/gender_analysis/06.htm (дата обращения: 20.05.2012).

Материал поступил в редакцию 10.10.2012.

References

1. Voronina, O.A., ed. *Glossariy MTsGI* [Glossary of MCGS (Moscow Center for Gender Studies)] Available at: http://www.gender.ru/russian/glossary/ (accessed: 20.05.2012) (in Russian).

2. Boyarkina, M.V. *Genderno-rolevaya sotsializatsiya kak faktor vospitaniya lichnosti studenta v obrazovatelnom protsesse vuza: avtoref. dis. … kand. ped. nauk.* [Gender-role socialization as a factor of student character education in university educational process. Cand. pedag. sci. diss., author's abstract.] Chita, 2007, 19 p. (in Russian).

3. Stolyarchuk, L.I. *Metodologiya gendernogo podkhoda v pedagogicheskom issledovanii.* [Gender approach methodology in educational study.] In: Krayevskiy, V.V., Ed-in-Ch. *Yazyk pedagogiki v kontekste sovremennogo nauchnogo znaniya: mat-ly Vseros. metodol. konf.-seminara.* [Pedagogics language within the framework of modern scientific knowledge: Proc. All-Russian method. conf.-seminar.] Volgograd ; Krasnodar ; Moscow, 2008, 284 p. (in Russian).

4. Shtyleva, L.V. *Faktor pola v obrazovanii: gendernyy podkhod i analiz.* [Sex factor in education: gender approach and analysis.] Moscow: PER SE, 2008, 316 p. (in Russian).

5. Sukhorukova, N.A. *Realizatsiya gendernogo podkhoda v obrazovatelnoy praktike tekhnicheskogo vuza.* [Implementation of gender approach in educational practice of engineering educational institution.] *The World of Science, Culture and Education,* 2012, no. 2 (33), pp. 155–158 (in Russian).

6. Klyuchko, O.I. *Integrativnaya strategiya gendernogo podkhoda v socialnom poznanii: avtoref. dis. … d-ra filos. nauk.* [Integrative strategy of gender approach in social cognition: Dr. philos. sci. diss., author's abstract.] Saransk, 2009, 35 p. (in Russian).

7. Lysova, I.I. *Formorovaniye gendernoy kultury budushchego spetsialista v obrazovatelnom protsesse vuza: avtoref. dis. … kand. ped. nauk.* [Gender culture development of intending specialist in university educational process: Cand. pedag. sci. diss., author's abstract.] Belgorod, 2009, 25 p. (in Russian).

8. *Posobiye po gendernomu analizu*. [Textbook on gender analysis.] Available at: http://www.owl.ru/canadian/gender_analysis/06.htm (accessed: 20.05.2012) (in Russian).

RESULTS OF GENDER ANALYSIS OF ENGINEERING UNIVERSITY EDUCATIONAL PROCESS

N. A. Sukhorukova
(Rostov State Transport University)

The results of the gender analysis of the educational process in the engineering uni-versity are presented. The gender analysis is made in stages, and it is defined by the well-structured diagram. Within the frame of this research, the gender analysis ap-pears a constituent of the gender strategy of the engineering university. It serves to discover the gender sensitivity level of the main components of the educational pro-cess. The gender strategy of the university is proved, and it is considered as a practical mechanism for the implementation of ideas and principles of the gender approach in the educational practice of the universities. The author has elaborated the gender sensitivity rating scale of the university educational process, and has worked out the criteria to be considered while conducting the gender analysis. Interactions of the educational process parties, the training material content, research interests of male and female students, methods and practices systems of the youth outreach are studied in this context. As a result, a number of significant gender problems of the educational process in the engineering university — in particular, a low level of the gender sensitivity of the above-mentioned subjects of research — are discovered.
Keywords: *gender approach, gender analysis, educational process of university, educational process components, gender sensitivity, criteria of gender analysis.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аствацатуров Артём Ервандович,
доктор философских наук, профессор,
astrov@pochta.ru
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета.

Ахвердиев Камил Самедович,
доктор технических наук, профессор,
akhverdiev_kamill@rambler.ru
заведующий кафедрой «Высшая математика-2» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Бабичев Анатолий Прокофьевич,
доктор технических наук, профессор,
vibrotech@mail.ru
директор научно-исследовательского института «Вибротехнология», профессор кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета.

Богачёва Нина Михайловна,
kaf-qm@donstu.ru
аспирантка кафедры «Управление качеством» Донского государственного технического университета.

Бондарева Елена Владимировна,
e_bondareva@tp86.ru
менеджер отдела проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Технопарка высоких технологий, аспирантка Сургутского государственного университета Ханты-Мансийского автономного округа — Югры.

Борисова Людмила Викторовна,
доктор технических наук, профессор,
borisovalv09@mail.ru
заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент в машиностроении» института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.

Ватульян Александр Ованесович,
доктор физико-математических наук, профессор,
vatulyan@math.rsu.ru
заведующий кафедрой «Теория упругости» Южного федерального университета; профессор кафедры «Прикладная математика» Донского государственного технического университета.

Вернигоров Юрий Михайлович,
доктор технических наук, профессор,
jvernigorov@dstu.edu.ru
профессор кафедры «Физика» Донского государственного технического университета.

Грошева Татьяна Александровна,
кандидат экономических наук, доцент,
tgrosheva@mail.ru
заведующая кафедрой «Управление образованием» Института развития образования, г. Ханты-Мансийск.

Димитров Валерий Петрович,
доктор технических наук, профессор,
kaf-qm@donstu.ru
декан факультета «Приборостроение и техническое регулирование», заведующий кафедрой «Управление качеством» Донского государственного технического университета.

Жарков Юрий Иванович,
доктор технических наук, профессор,
jarkov@asel.rgups.ru
заведующий кафедрой «Автоматизированные системы электроснабжения» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Жуков Александр Игоревич,
zhukov000@gmail.com
ведущий программист, старший преподаватель кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета.

Золотых Олег Анатольевич,
olzo@list.ru
доцент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета.

Золотых Светлана Андреевна,
svetlana.zolotyx@mail.ru
ассистент кафедры «Математика» Донского государственного технического университета.

Изотов Михаил Александрович,
cimonyan.t@gmail.com
старший преподаватель кафедры «Организация производства и маркетинг» Донского государственного технического университета.

Казакова Лина Валерьевна,
kazakova0480@mail.ru
преподаватель кафедры «Экономика» филиала Донского государственного технического университета в г. Волгодонске.

Кобак Валерий Григорьевич,
доктор технических наук, профессор,
valera33305@mail.ru
профессор кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета.

Колесников Игорь Владимирович,
кандидат технических наук, доцент,
kolesnikoviv@rgups.ru
проректор по инновациям и инвестициям Ростовского государственного университета путей сообщения, депутат Законодательного Собрания Ростовской области четвёртого созыва, заместитель председателя комитета Законодательного Собрания Ростовской области по строительству, жилищно-коммунальному хозяйству, энергетике, транспорту и связи.

Колесников Максим Владимирович,
кандидат экономических наук, доцент,
kmv-d@list.ru
доцент кафедры «Экономика и менеджмент» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Колесникова Галина Ивановна,
доктор философских наук, доцент,
galina_ivanovna@kolesnikova.me
профессор кафедры «Связи с общественностью» Донского государственного технического университета.

Куклин Денис Александрович,
кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности» Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д. Ф. Устинова.

Мартыненко Александр Александрович,
martynenko2sa@hotmail.com
ассистент кафедры «Технология технического регулирования» Донского государственного технического университета.

Месхи Бесарион Чохоевич,
доктор технических наук, профессор,
reception@donstu.ru
ректор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета.

Мишугова Галина Васильевна,
galinamishugova@mail.ru
аспирантка кафедры «Прикладная математика» Донского государственного технического университета.

Мрыхин Дмитрий Станиславович,
кандидат технических наук
свободный предприниматель.

Мрыхин Станислав Дмитриевич,
кандидат технических наук, доцент

доцент кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Мукутадзе Мурман Александрович,
кандидат технических наук, доцент,
vm_2@kaf.rgups.ru

доцент кафедры «Высшая математика-2» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Новиков Валерий Владимирович,
кандидат технических наук, доцент,
cotkubgu@rambler.ru

докторант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Кубанского государственного технологического университета.

Овчаренко Александр Михайлович,
amo@tp.ru

заместитель директора по развитию инновационных проектов автономного учреждения «Технопарк высоких технологий», г. Ханты-Мансийск.

Осипов Алексей Владимирович,
kukuvzz@yandex.ru

аспирант кафедры «Прикладная математика» Донского государственного технического университета.

Паршин Дмитрий Яковлевич,
доктор технических наук, профессор,
d.parshin@mail.ru

профессор кафедры «Энергетика, автоматика и системы коммуникаций» института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.

Плотников Дмитрий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент,
kulibarsic@gmail.com

доцент кафедры «Литьё и художественная обработка материалов» Донского государственного технического университета.

Подуст Сергей Фёдорович,
кандидат философских наук,
biv63@mail.ru

генеральный директор ООО «Производственная компания „Новочеркасский электровозостроительный завод“».

Реутов Юрий Ильич,
доктор технических наук, профессор,
y_reutov@tp86.ru

директор автономного учреждения «Технопарк высоких технологий», г. Ханты-Мансийск.

Рудой Дмитрий Владимирович,
dimonrudoi@gmail.com

аспирант кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» Донского государственного технического университета.

Семенко Инна Сергеевна,
sis_vm_2@rgups.ru

аспирантка кафедры «Высшая математика-2» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Стукопин Владимир Алексеевич,
кандидат физико-математических наук, доцент,
stukopin@mail.ru

доцент кафедры «Прикладная математика» Донского государственного технического университета.

Сухорукова Наталья Александровна,
soukhoroukova.nataly@yandex.ru

ассистент, преподаватель кафедры «Иностранные языки» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Тазаян Араван Бабкенович,
доктор философских наук, доцент,
tazayan@spark-mail.ru

профессор кафедры «Философия» Донского государственного технического университета.

Темирканова Алла Васильевна,
hodova@list.ru
старший преподаватель кафедры «Теории и технологий в менеджменте» Южного федерального университета.

Титов Дмитрий Вячеславович,
кандидат технических наук,
titov_dima@mail.ru
доцент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета.

Фигурнов Евгений Петрович,
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Фролова Наталья Николаевна,
nyfrolova@yandex.ru
старший преподаватель кафедры «Физика» Донского государственного технического университета.

Хозяев Игорь Алексеевич,
доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств» Донского государственного технического университета.

Худолей Сергей Николаевич,
hsn2810@mail.ru
ассистент кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета.

Шевчук Денис Геннадьевич,
hebeh@yandex.ru
аспирант кафедры «Энергетика, автоматика и системы коммуникаций» института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.

Эссола Дьёдонне,
essola_die@yahoo.com
аспирант кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета.

INDEX

Akhverdiyev, Kamil Samedovich,
PhD in Science, professor,
akhverdiev_kamill@rambler.ru
head of the Higher Mathematics-2 Department, Rostov State Transport University.

Astvatsaturov, Artem Ervandovich,
PhD in Philosophy, professor,
astrov@pochta.ru
professor of the Life and Environment Protection Sciences Department, Don State Technical University.

Babichev, Anatoly Prokofyevich,
PhD in Science, professor,
vibrotech@mail.ru
director of the Research Institute of Vibrotechnology, professor of the Engineering Technology Department, Don State Technical University.

Bogacheva, Nina Mikhaylovna,
kaf-qm@donstu.ru
postgraduate student of the Quality Management Department, Don State Technical University.

Bondareva, Elena Vladimirovna,
e_bondareva@tp86.ru
manager of Research, Development and Technological Works Department, High Technology Park; postgraduate student, Surgut State University, Khanty-Mansiysk Autonomous District - Yugra.

Borisova, Lyudmila Victorovna,
PhD in Science, professor,
borisovalv09@mail.ru
head of the Engineering Economics and Management Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

Dimitrov, Valery Petrovich,
PhD in Science, professor,
kaf-qm@donstu.ru
dean of the Tools and Instrument Engineering Faculty, head of the Quality Management Department, Don State Technical University.

Essola, Dieudonné,
essola_die@yahoo.com
postgraduate student of the Engineering Technology Department, Don State Technical University.

Figurnov, Evgeny Petrovich,
PhD in Science, professor
professor of the Automated Systems of Electric Power Supply Department, Rostov State Transport University.

Frolova, Natalya Nikolayevna,
nyfrolova@yandex.ru
senior lecturer of the Physics Department, Don State Technical University.

Grosheva, Tatyana Alexandrovna,
Candidate of Science in Economics, associate professor,
tgrosheva@mail.ru
head of the Education Management Department, Institute for Educational Studies, Khanty-Mansiysk.

Izotov, Mikhail Alexandrovich,
cimonyan.t@gmail.com
senior lecturer of the Management and Engineering Entrepreneurship Department, Don State Technical University.

Kazakova, Lina Valeryevna,
kazakova0480@mail.ru
lecturer of the Economics Department, Don State Technical University branch in Volgodonsk.

Khozyayev, Igor Alexeyevich,
PhD in Science, professor
head of the Engines and Machines of Food Production Department, Don State Technical University.

Khudoley, Sergey Nikolayevich,
hsn2810@mail.ru
teaching assistant of the Engineering Technology Department, Don State Technical University.

Kobak, Valery Grigoryevich,
PhD in Science, professor,
valera33305@mail.ru
professor of the Computer and Automated Systems Software Department, Don State Technical University.

Kolesnikov, Igor Vladimirovich,
Candidate of Science in Engineering,
associate professor,
kolesnikoviv@rgups.ru
Pro-rector for innovations and investments, Rostov State Transport University, member of the 4th Rostov Region Legislative Assembly, vice-chairman of the Legislative Assembly committee on construction, housing and communal services, power engineering, transport and communication.

Kolesnikov, Maxim Vladimirovich,
Candidate of Science in Economics,
associate professor,
oooedt@rambler.ru
associate professor of the Economics and Management Department, Rostov State Transport University.

Kolesnikova, Galina Ivanovna,
PhD in Philosophy, associate professor,
galina_ivanovna@kolesnikova.me
professor of the Public Relations Department, Don State Technical University.

Kuklin, Denis Alexandrovich,
Candidate of Science in Engineering,
associate professor,
associate professor of the Ecology and Life Protection Sciences Department, Baltic State Technical University.

Martynenko, Alexander Alexandrovich,
martynenko2sa@hotmail.com
teaching assistant of the Technical Regulation Technology Department, Don State Technical University.

Meskhi, Besarion Chokhoyevich,
PhD in Science, professor,
reception@donstu.ru
Rector, head of the Life and Environment Protection Sciences Department, Don State Technical University.

Mishugova, Galina Vasilyevna,
galinamishugova@mail.ru
postgraduate student of the Applied Mathematics Department, Don State Technical University.

Mrykhin, Dmitry Stanislavovich,
Candidate of Science in Engineering
free entrepreneur.

Mrykhin, Stanislav Dmitriyevich,
Candidate of Science in Engineering,
associate professor
associate professor of the Automated Systems of Electric Power Supply Department, Rostov State Transport University.

Mukutadze, Murman Alexandrovich,
Candidate of Science in Engineering,
associate professor,
kolesnikoviv@rgups.ru
associate professor of the Higher Mathematics-2 Department, Rostov State Transport University.

Novikov, Valery Vladimirovich,
Candidate of Science in Engineering,
associate professor,
cotkubgu@rambler.ru
post-doctoral student of the Life and Environment Protection Sciences Department, Don State Technical University; associate professor of the Life Protection Sciences Department, Kuban State Technological University.

Osipov, Alexey Vladimirovich,
kukuvzz@yandex.ru
postgraduate student of the Applied Mathematics Department, Don State Technical University.

Ovcharenko, Alexander Mikhailovich,
amo@tp.ru
associate director on development of innovation projects, Autonomous Institution "High Technology Park", Khanty-Mansiysk.

Parshin, Dmitry Yakovlevich,
PhD in Science, professor,
d.parshin@mail.ru
professor of the Power Engineering, Automation and Communication Systems Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

Plotnikov, Dmitry Mikhaylovich,
Candidate of Science in Engineering,
associate professor,
kulibarsic@gmail.com
associate professor of the Cast and Fancy Metal Working Department, Don State Technical University.

Podust, Sergey Fedorovich,
Candidate of Science in Philosophy,
biv63@mail.ru
General manager, LLC PC 'Novocherkassk Electric Locomotive Plant'.

Reutov, Yury Ilyich,
PhD in Science, professor,
y_reutov@tp86.ru
Director, Autonomous Institution "High Technology Park", Khanty-Mansiysk.

Rudoy, Dmitry Vladimirovich,
dimonrudoi@gmail.com
postgraduate student of the Engines and Machines of Food Production Department, Don State Technical University.

Semenko, Inna Sergeyevna,
sis_vm_2@rgups.ru
postgraduate student of the Higher Mathematics-2 Department, Rostov State Transport University.

Shevchuk, Denis Gennadyevich,
hebeh@yandex.ru
postgraduate student of the Automation and Electrical Drive of Machine Systems Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

Stukopin, Vladimir Alexeyevich,
Candidate of Science in Physics and Maths,
associate professor,
stukopin@mail.ru
associate professor of the Applied Mathematics Department, Don State Technical University.

Sukhorukova, Natalya Alexandrovna,
soukhoroukova.nataly@yandex.ru
teaching assistant, lecturer of the Foreign Languages Department, Rostov State Transport University.

Tazayan, Aravan Babkenovich,
PhD in Philosophy, associate professor,
tazayan@spark-mail.ru
professor of the Philosophy Department, Don State Technical University.

Temirkanova, Alla Vasilyevna,
hodova@list.ru
senior lecturer of the Theory and Technologies in Management Department, Southern Federal University.

Titov, Dmitry Vyacheslavovich,
Candidate of Science in Engineering,
titov_dima@mail.ru
associate professor of the Computers and Automated Systems Software Department, Don State Technical University.

Vatulyan, Alexander Ovanesovich,
PhD in Physics and Maths, professor,
vatulyan@math.rsu.ru
head of the Elasticity Theory Department, Southern Federal University, professor of the Applied Mathematics Department, Don State Technical University.

Vernigorov, Yury Mikhaylovich,
PhD in Science, professor,
jvernigorov@dstu.edu.ru
professor of the Physics Department, Don State Technical University.

Zharkov, Yury Ivanovich,
PhD in Science, professor,
jarkov@asel.rgups.ru
head of the Automated Systems of Electric Power Supply Department, Rostov State Transport University.

Zhukov, Alexander Igorevich,
zhukov000@gmail.com
senior programmer, senior lecturer of the Computer and Automated Systems Software Department, Don State Technical University.

Zolotykh, Oleg Anatolyevich,
olzo@list.ru

associate professor of the Computer and Automated Systems Software Department, Don State Technical University.

Zolotykh, Svetlana Andreyevna,
svetlana.zolotyx@mail.ru

teaching assistant of the Mathematics Department, Don State Technical University.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Электронный вариант статьи представляется в редакцию журнала через интернет-сайт http://vestnik.donstu.ru. Следует зарегистрировать себя на сайте как автора (если ещё не зарегистрированы) и затем зарегистрировать публикацию. Зарегистрированные авторы загружают статьи в базу данных журнала самостоятельно и в дальнейшем отслеживают состояние своих рукописей. Файл с текстом статьи должен иметь формат DOC или DOCX. Разметка страницы: поля со всех сторон 2 см, ориентация книжная, формат А4. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер (кегль) 14, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал полуторный с использованием автоматической расстановки переносов.

2. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее сведения идут в таком порядке: название статьи; инициалы и фамилии авторов (не более 4), место работы; аннотация (от 100 до 250 слов); ключевые слова (до 15 слов). После текста самой статьи располагают библиографический список, сведения об авторах и дополнительные сведения на английском языке, которые включают в себя название статьи, Ф. И. О. авторов, аннотацию, ключевые слова, сведения об авторах.

3. Статья должна предусматривать разделы: введение (постановку задачи), основную часть (подзаголовки), выводы или заключение.

4. Объём статьи не должен превышать 16 страниц, включая библиографический список и иллюстрации (до 5 рисунков или фотографий); обзора — 25 страниц, 10 рисунков; краткого сообщения — 3 страниц, 2 рисунков.

5. Каждый рисунок должен иметь подпись. Каждая таблица должна иметь заголовок. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или MathType.

6. Размерность физических величин, используемых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц (СИ). Не следует употреблять сокращённых слов, кроме общепринятых (*т. е.*, *и т. д.*, *и т. п.*). Буквы латинского алфавита, обозначающие физические величины, набирают курсивом; буквы греческого алфавита и готического (немецкого) — в прямом начертании.

7. Редколлегия оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

8. Статьи, не отвечающие правилам оформления, к рассмотрению не принимаются. Датой поступления считается день получения редколлегией окончательного текста статьи.

9. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Более подробно с правилами оформления следует ознакомиться на сайте журнала «Вестник ДГТУ» по адресу: http://vestnik.donstu.ru.